



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# STANOVENÍ SAVOSTI TEXTILÍ VŮČI VODĚ POMOCÍ TERMOGRAFIKÉ TECHNIKY

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil  
Studijní obor: 3107R004 – Technologie a řízení oděvní výroby

Autor práce: Pavel Klein  
Vedoucí práce: Ing. Renáta Nemčoková





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# DETERMINATION OF THE ABSORBENCY OF THE FABRIC AGAINST WATER USING THERMOGRAPHIC TECHNIQUE

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil  
Study branch: 3107R004 – Clothing production technologies and management

Author: Pavel Klein  
Supervisor: Ing. Renáta Nemčoková



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Klein**  
Osobní číslo: **T11000208**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Technologie a řízení oděvní výroby**  
Název tématu: **Stanovení savosti textilií vůči vodě pomocí termografické techniky**  
Zadávací katedra: **Katedra oděvnictví**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte rešerši týkající se smáčivosti textilií.
2. Definujte základní pojmy týkající se teorie termografie.
3. Navrhněte experiment na stanovení vzlínivosti pomocí srovnávací termografické techniky měření.
4. U vytypovaných materiálů proveďte experiment stanovení emisivity textilních materiálů a experiment stanovení vzlínivosti.
5. Diskutujte výsledky získané z experimentů dle kategorizace materiálů (struktura pleteniny, materiálové složení).



Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- ČSN 80 0828: Plošné textilie. Stanovení savosti vůči vodě. Postup vztlínáním.
- FLIR SYSTEMS. User's manual. X6540sc-X6550sc, 2013.
- Junyan Hu, Yi Li, Kwok-Wing Yeung, Anthony S. W. Wong, Weilin Xu, Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties, Textile Research Journal, January 2005
- Jitka Kolářová, Analýza šíření kapalně vlhkosti textilií, Liberec, 2013. Diplomová práce na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci na katedře oděvnictví.
- CULKOVÁ, Možnosti měření nasákavosti textilií pomocí termovize, Liberec, 2006. Diplomová práce na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci na katedře oděvnictví.
- Ing. Jiří Svoboda : Termodiagnostika, učební texty
- Bivainyte A., Mikučioniene D., Investigation on the Air and Water Vapour Permeability of Double-Layered Weft Knitted Fabrics, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2011, Vol. 19, No. 3 (86).

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Renáta Nemčoková  
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: 2. listopadu 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 19. května 2014

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 2. listopadu 2013

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: V Liberci dne 19. května 2014

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Renátě Nemčokové za cenné rady, ochotu a trpělivost při zpracovávání mé závěrečné práce. Dále bych rád poděkoval Gerhardu Geislerovi za pomoc s výrobou rámečku na upnutí vzorků a Haně Rulcové za pomoc s přípravou vzorků k měření. Následně bych rád poděkoval Ing. Haně Štočkové za pomoc s určením struktury jednotlivých vzorků pletenin. A v neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům za poskytnutí prostředků a podporu ve studiu.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce je zaměřena na stanovení savosti textilií vůči vodě pomocí metody vzlínivosti za využití termografické techniky. Dále se tato práce snaží přiblížit velmi stručně pojmy, týkající se teorie termografie a smáčivosti textilií. Poté se tato práce zabývá návrhem měřicího přístroje pro měření savosti textilií za použití termografické techniky. Následně je v práci popsáno samotné měření materiálů různého složení a struktur na tomto přístroji a vyhodnocení naměřených dat.

Klíčová slova:

savost textilií, smáčivost textilií, termografická technika, měřicí přístroj

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on determining the absorbency of the fabric against water using the capillarity method using a thermographic technique. Furthermore, this thesis is trying to approach very briefly the concepts relating to the theory of thermography and wettability of textiles. After, this thesis deals with designing the measuring device for measuring the absorbency of the fabric using a thermographic technique. Subsequently, the thesis described the measurement of materials of different composition and structure on the device and evaluation of the measured data.

Keywords:

absorbency fabric, fabric wettability, thermographic technique, measuring device

## Obsah

Seznam použitých zkratk.....	10
1 Rešeršní část.....	11
1.1 Úvod .....	11
1.2 Savost .....	11
1.3 Smáčivost .....	13
1.4 Dynamika vzlínání .....	14
1.5 Sorpční teplo .....	14
1.6 Příklady ostatních metod měření šíření kapaliny textilií.....	14
1.6.1 Stanovení odolnosti vůči povrchovému smáčení – zkrápěcí metoda .....	14
1.6.2 Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody .....	15
1.6 Pleteniny.....	16
1.7.1 Materiály pro výrobu pletenin .....	16
1.7.2 Vlastnosti pletenin .....	17
1.7.3 Rozdělení pletenin .....	17
1.8 Nehořlavá vlákna – vlastnosti .....	18
1.9 Termografie.....	19
1.9.1 Infračervené záření .....	19
1.9.2 Základní princip termografie .....	20
1.9.3 Emisivita.....	20
1.9.3.1 Způsoby zjištění hodnoty součinitele emisivity.....	21
1.9.3.2 Emisivita textilních materiálů .....	21
1.9.3.3 Emisivita vody .....	22
1.9.4 Využití termografické techniky při stanovování savosti textilií.....	23
1.10 Obrazová analýza .....	23
2 Experimentální část.....	24



2.1	Charakteristika zkoušených materiálů .....	24
2.2	Měření savosti pletenin .....	25
2.2.1	Příprava experimentu.....	25
2.2.2	Příprava vzorků k měření .....	28
2.2.3	Postup měření .....	28
2.2.4	Vyhodnocení naměřených dat – sací výška.....	31
2.2.4.1	Dílčí závěr .....	35
2.2.5	Vyhodnocení naměřených dat – nárůst sací výšky v závislosti na čase .....	36
2.2.5.1	Dílčí závěr .....	42
2.2.6	Stanovení součinitele emisivity testovaných vzorků pletenin .....	43
2.2.6.1	Dílčí závěr .....	44
3	Závěr .....	44
4	Použitá literatura .....	47
5	Seznam použitých obrázků .....	49
6	Seznam tabulek .....	50
7	Seznam grafů .....	51
8	Seznam příloh .....	52
9	Příloha .....	53

## Seznam použitých zkratk

$\varepsilon$	emisivita
IČ	infračervený
IR	infrared
tzv.	takzvané
např.	například
JPEG	Joint Photographic Experts Group
AVI	Audio Video Interleave
spol.	společnost
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
a.s.	akciová společnost
MS	Microsoft
ČSN	česká technická norma
NCSU	North Carolina State University
s	sekunda
min	minuta
$\mu\text{m}$	mikrometr
mm	milimetr
m	metr
ml	mililitr
CO	cotton
VI	viskóza
FR	fire resistant

# 1 Rešeršní část

## 1.1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je zaměřit se na savost testovaných textilních materiálů. Tato práce je také věnována navržení měření savosti pomocí termovizní kamery. Měření vzlínivosti pomocí termovizní kamery je oproti klasické metodě měření spolehlivější. Při klasické metodě měření je totiž nutno do vody přidávat barvivo, které má za úkol zajistit viditelnost sací výšky pouhým okem. Avšak při měření na tmavých vzorcích textilie ani barvivo nezajistí viditelnost sací výšky. Tento problém řeší právě použití termovizní kamery během měření. Termovizní kamera zde slouží pouze jako prostředek k zobrazení teplotních polí. Teplota jednotlivých polí zde není hodnotícím parametrem. Hodnotícím parametrem je pouze rozměr teplotních polí, konkrétně sací výška v milimetrech.

V experimentální části je popsána příprava experimentu zahrnující konstrukci měřicí aparatury speciálně pro tento účel. Následně je v experimentální části popsán postup provedení experimentu a postup vyhodnocení naměřených dat.

## 1.2 Savost

Savost vzlínáním je schopnost plošné textilie přijímat vodu nebo jiné kapaliny, které vnikají do struktury plošných textilií působením kapilárních nebo vnějších sil. Vzlinání je výsledek spontánního smáčení v kapilárním systému, jelikož kapilární síly jsou příčinou smáčení. Proces vzlinání se vyskytuje pouze u smáčivých povrchů a to bez ohledu na to, jakého původu jsou samotná vlákna. Vlákna tedy mohou být přírodního i chemického původu. Smáčení je předpokladem pro započítání vzlinání. Kapalina nemůže do textilie vzlinat, pokud nesmáčí vlákna v textili. Ke vzlinání může dojít, pouze když jsou shluky vláken s kapilárními prostory smáčeny kapalinou.

Vzlinání nastane, jestliže je textilie úplně nebo částečně ponořena do kapaliny nebo je v kontaktu s určitým množstvím kapaliny. Poté může dojít ke kapilárnímu průniku kapaliny ze zásobníku kapaliny. Kapilární prostory, kam se voda nebo jiné kapaliny dostávají, jsou mezivláknenné oblasti v přízích. Pokud má struktura textilie vysokou hustotu, jsou to i oblasti okolí vazných bodů. V případě, že vlákna mají hrubý povrchový reliéf, jsou to i různé prohlubně, záhyby a rýhy v tomto reliéfu. Savost je stanovována zpravidla pomocí takzvané sací výšky. Sací výška je výška hladiny kapaliny v ponořeném proužku textilie, vertikálně

upnutého v rámečku, který svým spodním koncem zasahuje do vody nebo jiné kapaliny. Kapalina vzlíná textilií do takové výšky, kdy je v rovnováze kapilární odvod vody z nádoby a jejím odpařováním z povrchu textilie do okolí. V této vertikální poloze působí proti kapilárním silám také gravitace a například při naklápění proužku textilie se sací výška zvyšuje.

Rychlost vzlínání je závislá především na materiálovém složení a struktuře plošné textilie. Vzhlínání se rozděluje podle působení vnějších sil. Pokud na kapalinu nepůsobí žádné vnější síly, tak mluvíme o vzhlínání samovolném. O vzhlínání nuceném hovoříme tehdy, pokud na kapalinu působí vnější síly. Další kritérium dělení procesu vzhlínání je směr vedení kapaliny. Výška hladiny kapaliny v proužku textilie může stoupat, klesat anebo se neměnit. Proces vzhlínání lze také dělit podle velikosti objemu zásobníku kapaliny, ze kterého ke vzhlínání dochází. Velikost zásobníku kapaliny zpravidla dělíme na konečnou a nekonečnou. Sací výška je udávána v milimetrech za určitý časový úsek. [3][5][6][13]

Test savosti textilií se provádí v klimatizovaném prostředí. Ze vzorků textilií se připraví pracovní vzorky o rozměrech 255 mm x 10 mm, pět vzorků v podélném směru a pět ve směru příčném. Připravené vzorky se klimatizují. Klimatizované vzorky se upevní na nosný rámeček zkušebního zařízení napichováním na hroty. Vzorky musí být na hrotech upevněny tak, aby na straně, která bude ponořena do kapaliny, přečnívaly pod bodcem 2 mm až 5 mm. Rámeček je následně umístěn na zkušební zařízení. Nádoba se zkušební kapalinou o teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  je nastavena tak, aby přečnívající konec vzorků pod hroty byl ponořen do kapaliny. Po ponoření konců vzorků do kapaliny je proces vzhlínání zahájen.

Doba vzhlínání je zvolena z řady: 10s, 20s, 30s, 60s a 30 min. Vzorky s nižší hmotností je třeba upevnit takovým způsobem, aby přečnívající konec nepřesahoval 2 mm, protože by mohlo docházet k jeho ohýbání a tím ke zkreslení výsledků. V případě potřeby je možno použít jiné doby vzhlínání, tento fakt však musí být uveden v záznamu o zkoušce.

Pokud jsou testovány bílé textilie a textilie světlých odstínů, u kterých se výška stoupaní kapaliny dá těžko rozeznat, tak se může použít 1 % roztok barviva. Barvivo však nesmí být afinní k testovanému materiálu. U vzorků tmavých odstínů se doporučuje ze zadní strany je osvětlit, přičemž je třeba zabránit ohřívání vzorků od tohoto světelného zdroje. U vzorků, které nepropouští světlo je na přední straně po jejich délce vyznačena křídou čára. Ihned po uplynutí stanovené doby se pomocí měřidel odečte výška vzhlínání s přesností na 0,5 mm. Při odečtu sací výšky je třeba zajistit současný odečet všech zkoušených vzorků. [3]

## 1.3 Smáčivost

Proces smáčení je druh dynamického procesu. Spontánním smáčením rozumíme migraci kapaliny přes povrch pevné látky směrem k dosažení termodynamické rovnováhy. Vynucené smáčení zahrnuje vnější hydrodynamické a mechanické síly. Tyto síly zvětšují plochu mezifází mezi pevnou látkou kapalinou nad statickou rovnováhu. Povrch smáčené plochy může být rovný nebo může mít komplikovanou geometrii

Zdánlivý povrch kapaliny nebo pevné látky je ve skutečnosti rozhraním v rovnováze s další fází. Touto další fází je obvykle pevná látka, kapalina nebo plyn. Řada fyzikálních a chemických procesů probíhá na rozhraní mezi jednotlivými fázemi, které spolu sousedí. Fáze je popisována jako část objemu zkoumaného systému. V tomto objemu jsou vlastnosti konstantní nebo se spojitě mění v prostoru. Vlastnosti jednotlivých fázových rozhraní jsou ovlivňovány vlastnostmi obou fází, které jsou spolu ve styku. Pokud dojde ke styku více fází, tak dojde vždy k takovému uspořádání systému, aby součet jeho povrchových energií byl minimální.

Smáčení vláknenného svazku nebo textilie je z fyzikálního hlediska komplikovaný proces. Během smáčení se mohou vyskytovat současně různé smáčecí mechanismy, jako vztlínání, proudění, adheze a kapilární penetrace.

O energetické výhodnosti smáčení pevné látky kapalinou rozhodují kvantita a kvalita mezimolekulárních sil v kapalině, kvantita a kvalita mezimolekulárních sil v pevné látce a také rovnoměrnost povrchu pevné fáze.

Kapalina bude smáčet povrch pevné látky nejochotněji, pokud bude mít stejnou kvantitu a kvalitu mezimolekulárních sil a jednotlivé látky budou obsahovat velmi blízké molekulární složení.

Jelikož kapalina do hmoty pevné látky neproniká, tak je smáčivost ovlivněna pouze povrchem pevné látky. Projevem této skutečnosti je při smáčení textilií například velký vliv povrchové modifikace vláken nebo finálních úprav textilie. Smáčivost textilie je vysoce závislá například i na kvalitě odšlichtování textilie. Ostatně na principu smáčení je založen jeden ze základních testů pro hodnocení stupně odšlichtování.

Pokud je proces smáčení vynucený, tak smáčení musí zahrnovat vnější hydrodynamické a mechanické síly. Tyto síly zvětšují plochu mezifáze mezi pevnou látkou a

kapalinou nad statickou rovnováhu. Povrch smáčené plochy může být v tomto případě rovný nebo může mít komplikovanou geometrii. [7][13]

## 1.4 Dynamika vztlínání

Měření sací výšky je standardní metodou pro sledování dynamiky vztlínání. Při měření sací výšky jsou vlákna a kapilární prostory mezi nimi orientována přibližně svisle. Pro popis dynamiky vztlínání slouží již téměř sto let tzv. Lucas-Waschburnův vztah. Tato rovnice vychází z rovnováhy mezipovrchových a gravitačních sil pro kapalinu mezi vlákny. Tento vztah však není dostatečně přibližný kapilární realitě ani na nejjednodušším kapilárním systému. Tuto rovnici lze použít pouze pro vztlínání kapaliny, které neprobíhá proti či ve směru gravitace. Při měření sací výšky klasickou metodou, která je popsána v normě ČSN 80 0828, probíhá proces vztlínání kapaliny proti gravitaci, tudíž tento vztah nelze použít.

$$\frac{dH}{dt} = \frac{R * \rho * g * (2\sigma * \cos(\phi) - H * R)}{8 * H * \eta}$$

$\eta$  ... viskozita kapaliny

$H$  ... sací výška [m] v čase  $t$

$R$  ... poloměr kapiláry [m]

[6][13]

## 1.5 Sorpční teplo

Vlivem absorpce molekul vody do vláken a jejich přítomnosti ve vlákně dochází zejména v přístupných oblastech vlákna k tvorbě sekundárních vazeb. Tyto sekundární vazby se projevují zejména větší uspořádaností systému a snížením jeho celkové energie. Přebytková energie se následně uvolní ve formě tepla. Sorpční proces je tedy exotermní a je doprovázen vývinem tepla. Každý druh materiálu uvolňuje specifické množství sorpčního tepla. [16]

## 1.6 Příklady ostatních metod měření šíření kapaliny textilií

### 1.6.1 Stanovení odolnosti vůči povrchovému smáčení – zkrápěcí metoda

Tato metoda slouží ke zjišťování odolnosti všech plošných textilií s vodovzdornou nebo vodoodpudivou úpravou vůči povrchovému smáčení zkrápění vodou. Tuto metodu je

možno použít i při zkoumání odolnosti plošných textilií, které neprošly žádnou vodovzdornou nebo vodoodpudivou úpravou. Touto metodou se neměří průnik vody plošnou textilií, tudíž tato metoda není určena pro stanovení odolnosti plošných textilií vůči průniku vody.

Princip metody spočívá ve zkrápění zkušební vzorku plošné textilie stanoveným množstvím destilované nebo deionizované vody. Vzorek je při tomto zkrápění upevněn na prstenci je nakloněn v úhlu  $45^\circ$  tak, aby střed vzorku byl ve stanovené vzdálenosti pod zkrápěcí hubicí. Po ukončení zkrápění je stanoven stupeň smočení vzorku. Stupeň smočení se stanoví porovnáním vzhledu vzorku s popsány standardy.

Měřicí přístroj se skládá ze zkrápěcího zařízení, kovové zkrápěcí hubice a držáku vzorků. Ke zkrápění se smí použít pouze destilovaná nebo deionizovaná voda o teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  nebo  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  přičemž použitá teplota musí být uvedena v protokolu o zkoušce.

K provedení měření jsou potřeba minimálně tři čtvercové vzorky o délce strany 180 mm. Vzorky je nutno odebrat z různých míst plošné textilie tak, aby co nejlépe reprezentovaly testovanou plošnou textilií. Vzorky se odebírají pouze z čistých a nepomačkaných míst textilie. Po odebrání se vzorky klimatizují minimálně 4 hodiny v místě měření před započítáním měření.

Klimatizované vzorky jsou upevněny do držáku vzorků tak, aby lící strana textilie směřovala ke zkrápěcí hubici. Zkušební vzorky musí být v držáku orientován tak, aby osnova nebo sloupek byly orientovány paralelně ke stékání vody po vzorku. Poté se do nálevky zkrápěcího zařízení nalije 250 ml vody. Zkrápění musí probíhat od počátku nepřetržitě a doba zkrápění musí být 25 až 30 sekund. Po ukončení zkrápění se držák se vzorkem odejme a očistí se od zbytků vody oklepáním. Lící strana očištěného zkušební vzorku je podrobena analýze na stanovení stupně smočení. Ke každému testovanému vzorku je přiřazen stupeň smočení, který nejvíce odpovídá stupni smočení popsanému ve stupnici hodnocení smáčení. Výsledná naměřená data musí být uvedena v záznamu o zkoušce. [10]

### **1.6.2 Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody**

Tato metoda slouží ke zjišťování odolnosti textilií vůči pronikání vody při působení tlaku vody. Výsledná odolnost je vyjádřena výškou vodního sloupce, kterou je plošná textilie schopna udržet.

Princip metody spočívá v působení tlaku vody na jednu stranu plošné textilie, přičemž tlak vody se zvyšuje tak dlouho, dokud nedojde na druhé straně vzorku textilie k průniku vody. Voda musí na druhé straně vzorku textilie proniknout minimálně na třech místech. Po proniknutí vody na třetím místě je tlak vody zaznamenán. Je možno si zvolit, z které strany bude tlak na vzorek plošné textilie působit. Použitý směr působení tlaku vody musí být uveden v záznamu o zkoušce. Výsledný vodní sloupec vyjadřuje odolnost plošné textilie vůči krátkodobému nebo střednědobému působení tlaku vody.

V měřicím přístroji by se měla používat pouze destilovaná nebo deionizovaná voda o teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  nebo  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  přičemž teplota vody by měla být uvedena v protokole o zkoušce. Tlak vody v měřicím přístroji by se měl zvyšovat rychlostí  $10 \pm 0,5$  cm nebo  $60 \pm 3$  cm vodního sloupce za minutu. Použitá rychlost nárůstu tlaku vody by měla být uvedena v protokole o zkoušce. Manometr, sloužící k měření tlaku vody, by měl umožňovat odečítat tlak s přesností na 0,5 cm vodního sloupce.

K provedení zkoušky je potřeba minimálně 5 zkušebních vzorků. Vzorky je potřeba odebrat z různých míst plošné textilie, tak aby co nejvíce reprezentovaly zkoušený materiál. Vzorky se kromě klimatizování dále nijak neupravují. Je třeba zabránit vytvoření ostrých přehybů na vzorcích před započítáním měření.

Klimatizovaný zkušební vzorek je upnut na zkušební hlavu tak, aby byl povrch vzorku ve styku s vodní hladinou. V průběhu upínání vzorku nesmí voda pronikat zkušebním vzorkem. Na upnutý vzorek plošné textilie se ihned působí zvyšujícím se tlakem vody. Během měření se stále sleduje, kdy začne vzorkem pronikat voda. Po průniku vody se tlak, při kterém se objevila ve třetím místě vzorku voda, zaznamená v centimetrech vodního sloupce. Výsledná naměřená data jsou zpracována a uvedena v záznamu o zkoušce. [11]

## **1.6 Pleteniny**

Pletenina je druh plošné textilie vyrobené z přízí. Pletenina vzniká vytvářením a vzájemným proplétáním oček, které jsou uspořádány do sloupků a řádků. [4]

### **1.7.1 Materiály pro výrobu pletenin**

Na výrobu pletenin se používají příze vyrobené z přírodních nebo synteticky připravených vláken. Pro tyto účely se vyrábějí příze různých parametrů a konstrukcí jako například příze jednoduché, skané, družené i příze složitějších konstrukcí. K výrobě pletenin



Lze použít příze, které se od sebe odlišují materiálem, barvou, jemností, strukturou, apod. Na výrobu jednoduchých lze použít jeden druh vláken, nebo směs dvou či více druhů vláken. Zvyšování tloušťky a stejnoměrnosti tloušťky přízí je dosahováno pomocí skaním a družením přízí. Poslední skupinu přízí, tvoří příze, na kterých byl při předení, skaní nebo úpravě vytvořen plastický nebo barevný efekt. Tento efekt dodává textilií zvláštní charakter. Tyto příze tvoří zvláštní skupinu přízí, které jsou označovány jako efektní nitě. [4]

### **1.7.2 Vlastnosti pletenin**

Pleteniny se vyznačují řadou vynikajících vlastností. Typickou vlastností většiny klasických pletenin je vysoká tažnost, která je dána konstrukcí pleteniny, především tvarem oka. Tato vlastnost spolu s pružností a měkkostí zajišťuje příjemné nošení a volnost pohybu. Nízký zákrut pletařských přízí a volná vazební struktura dodávají pletenině měkkost a dobré hygienické vlastnosti jako například prodyšnost a nasákavost. Porézní struktura pleteniny zajišťuje při určité tloušťce pleteniny dobrou hřejivost. Tyto strukturální vlastnosti pleteniny umožňují používat i taková syntetická vlákna, která jsou málo navlhavá a i přes to je dosaženo dobrých výsledků při výrobě prádla. [4]

### **1.7.3 Rozdělení pletenin**

Pleteniny se dělí do dvou skupin podle zpracované soustavy nití na zátažné a osnovní.

Zátažná pletenina je vyrobena z příčného kladení soustavy nití. Nitě probíhají pleteninou ve směru řádku. Jednotlivé řádky pleteniny, popřípadě celá pletenina, můžou být vytvořeny z jedné nitě. Zátažné pleteniny se vyrábějí buď ručně pomocí pletařských jehlic, nebo strojově na pletařských strojích zátažných.

Osnovní pletenina je vyrobena z podélného kladení soustavy nití. Podélná soustava nití v osnovních pleteninách je pojmenována osnova, podobně jak tomu je v případě podélné soustavy nití tkanin. Nitě osnovy procházejí pleteninou podélně ve směru sloupků. Každé oko v řádku pleteniny je vytvořeno ze samostatné nitě. Osnovní pletenina je vyráběna na osnovních pletařských strojích.

Pleteniny jsou dále děleny podle vazby. Pojmem vazba rozumíme způsob provázání nití. Vazba je charakteristickým znakem každé textilie. Vazba určuje vnitřní strukturu textilie a tím jsou dány i její vlastnosti a vzhled. Základním vazebním prvkem pletenin je oko.

Doplňkovými vazebními prvky pletenin jsou podložená a chytová klička. Základní vazební motiv se nazývá střída vazby a je dán určitým počtem sloupků a řádků. [4]

Zátažné pleteniny jsou dále děleny podle vazby na:

- zátažné jednolícní pleteniny – obsahují pouze lícní očka
- zátažné oboulícní pleteniny – obsahují rubní i lícní sloupky
- zátažné obourubní pleteniny – obsahují sloupky s lícními i rubními očky
- zátažné interlokové pleteniny – vzniknou prostoupením dvou úpletů

Osnovní pleteniny jsou dále děleny podle vazby na:

- osnovní jednolícní pleteniny – obsahují jen jeden druh oček
- osnovní oboulícní pleteniny – obsahují lícní i rubní sloupky [4]

## **1.8 Nehořlavá vlákna – vlastnosti**

Materiály vyrobené z nehořlavých vláken tvořily jednu ze tří skupin vzorků, které byly v rámci experimentální části podrobeny měřením. Zde je popis vlastností jednotlivých testovaných vláken.

Viskóзовé vlákno FR – Toto vlákno je vyrobené na bázi regenerované celulózy a má samozhášející schopnost. Nehořlavé vlastnosti tohoto vlákna jsou permanentní a nemění se ani po opakovaném praní. Toto vlákno chrání pokožku přede všemi druhy tepla a výrobkům dodává fyziologický komfort, který snižuje riziko stresu z horka a tepelného šoku.

Modakrylové vlákno FR – Toto vlákno má samozhášecí schopnost díky karbonizaci materiálu. Karbonizací materiálu vytváří bariéru, která zabraňuje dalšímu šíření ohně. U těchto vláken se neprojevuje fotodegradace a jsou dobře barvitelná. Vlastnosti těchto vláken jsou permanentní a nemění se ani po opakovaném praní. Vlákna jsou na omak jemná a rychle schnou.

Polyaxidiazolové vlákno – Toto vlákno je klasifikováno jako aramidové. Nehořlavé vlastnosti jsou permanentní a nemění se ani po opakovaném praní. Vlákna vykazují vysokou tepelnou stabilitu, díky které jsou schopna krátkodobě odolávat působení teplot v rozmezí 300 až 400°C. Vlákno je barvitelné podobnou cestou jako polyester.

Polyamid-imidové vlákno Kermel – Toto vlákno je klasifikované jako meta-aramid a je permanentně nehořlavé. Oděvy, které jsou vyrobené z vláken Kermel nabízí maximální ochranu proti velmi vysokým teplotám. Tato vlákna odolávají teplotám do 1000°C. Vlákná jsou výborným tepelným izolátorem, díky čemuž poskytují efektivní ochranu proti ohni, dokonce i v provedení lehkých textilií. Pleteniny a tkaniny, vyrobené z Kermelu jsou stabilní v ohni. Celistvost oděvu je zajištěna po relativně dlouhou dobu, což poskytuje uživateli dostatečný čas pro únik z nebezpečného prostředí. [17]

## 1.9 Termografie

Termografie je vědní obor, který zahrnuje metody pro zobrazování teplotních polí na povrchu snímaných těles. Teplotní pole jsou reprezentována energií a hustotou fotonů emitovaných z povrchu snímaného tělesa a jejich vyhodnocení.

Infračervená termografie je i název pro techniku, pomocí které je možné zobrazit pro lidské oko neviditelné infračervené záření, vyzařované z objektů v závislosti na jejich teplotě. Velice efektivním nástrojem nekontaktní IČ termografie je kamera, snímající IČ záření, zvaná termovize. Termovize je termín, patentovaný firmou FLIR, která se zabývá výrobou termovizních kamer.

Termovize je zařízení podobné videokameře. Termovize na rozdíl od videokamery však zobrazuje tepelné vyzařování objektů. Jedná se o zobrazovací systém transformující informaci o rozložení teploty na povrchu snímaného objektu v infračerveném spektru na obraz viditelný lidským okem. Sofistikovanější IČ kamery mohou nejenom zobrazovat teplotní pole objektů, ale umožňují i vyhodnocení teploty těchto polí. Výstupem z IČ kamery je termogram. Termogram je teplotní mapa nebo obraz objektu, ve kterém je pomocí stupňů šedi nebo barevného zobrazení vyjádřeno rozložení vyzařované infračervené energie z povrchu měřeného objektu. [1]

### 1.9.1 Infračervené záření

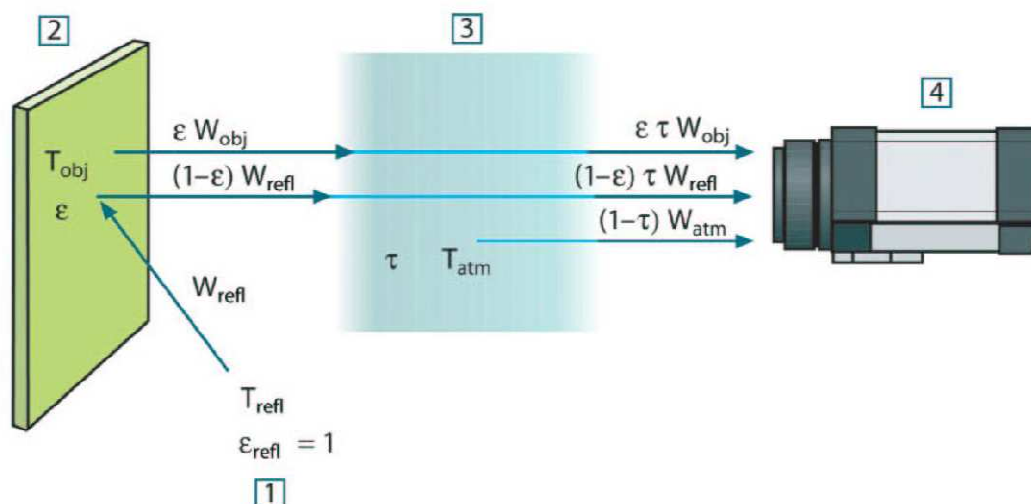
V termografii je využíváno vlnové pásmo infračerveného záření. Infračervené záření je pro lidské oko neviditelná část elektromagnetického spektra, která se projevuje tepelnými účinky. Pásmo IČ záření začíná přibližně na vlnové délce 0,78  $\mu\text{m}$ , tedy na konci viditelné části elektromagnetického spektra. Konec IČ pásma se nachází na vlnové délce kolem 1 mm před začátkem spektra mikrovlnného záření. Pásmo IČ záření je rozděleno na čtyři menší pásma. Jsou to tyto pásma: Blízké IČ pásmo o vlnové délce 0,75  $\mu\text{m}$  až 2  $\mu\text{m}$  nazývané Near

Wave IR. Střední IČ pásmo o vlnové délce 2  $\mu\text{m}$  až 5  $\mu\text{m}$  nazývané Middle Wave IR. Vzdálené IČ pásmo o vlnové délce 5  $\mu\text{m}$  až 15  $\mu\text{m}$  nazývané Long Wave IR. Velmi vzdálené IČ pásmo o vlnové délce 15  $\mu\text{m}$  až 1 mm nazývané Very Long Wave IR. [1] [2]

### 1.9.2 Základní princip termografie

Základním principem termografie je detekce zářivé energie vyzařované z měřeného objektu, která reprezentuje teplotní pole většinou na povrchu měřeného tělesa a dále její zobrazení a vyhodnocení teplotních polí.

Základní měřicí řetězec při měření IČ záření se skládá z vlastního měřeného tělesa, okolí měřeného tělesa, atmosféry mezi měřeným tělesem a měřícím systémem a samotného termografického měřicího systému. Všechny tyto činitele mají vliv na výslednou přesnost měření, protože vyzařují nebo odrážejí IČ záření. Zvláště tělesa, která nejsou transparentní pro IČ záření a mají nízkou emisivitu povrchu, mají velký vliv na výsledné naměřené hodnoty. [1]



Obrázek 1: Základní měřicí řetězec termografického měření – okolí měřeného tělesa (1), vlastní měřené těleso (2), atmosféra mezi měřeným tělesem a měřícím systémem (3), měřící systém (4) [1]

### 1.9.3 Emisivita

Znalost součinitele emisivity  $\varepsilon$  je jednou ze základních podmínek při bezkontaktním měření teplot pro správné změření a vyhodnocení teploty. Součinitel emisivity závisí na materiálu měřeného tělesa, na vlastnostech jeho povrchu, na vlnové délce, na teplotě tělesa a úhlu vyzařování z tělesa. Emisivita objektu je poměr množství záření emitovaného objektem a záření dokonale černého tělesa. Emisivita dokonale černého tělesa je rovna  $\varepsilon = 1,0$ .

Vyzařování většiny běžných materiálů nebo upravených povrchů vykazuje emisivitu přibližně v rozsahu od  $\varepsilon = 0,1$  do  $\varepsilon = 0,95$ . Součinitel emisivity silně vyleštěného povrchu je nižší než  $\varepsilon = 0,1$ , kdežto oxidovaný nebo natřený povrch má emisivitu mnohem vyšší. Součinitel emisivity olejových barev se pohybuje nad  $\varepsilon = 0,9$ , nezávisle na barvě jednotlivých olejových barev. Emisivita lidské pokožky se pohybuje blízko  $\varepsilon = 1,0$ . Čisté kovy, nepoškozené oxidací, jsou extrémním případem skoro naprosté nepropustnosti a vysoké odrazivosti, která se moc nemění v různých vlnových délkách. Emisivita kovů je tedy velmi nízká a zvyšuje se pouze s rostoucí teplotou kovového tělesa. Nekovové předměty mají většinou vysokou emisivitu, která se snižuje s klesající teplotou. [1][2][12]

#### **1.9.3.1 Způsoby zjištění hodnoty součinitele emisivity**

Existuje několik způsobů, jak zjistit hodnotu součinitele emisivity. Tyto způsoby se používají v případě, že nemáme správnou hodnotu součinitele emisivity k dispozici.

Teplota je kontaktně změřena v daném místě či oblasti. Dále je nastavena správná hodnota zdánlivě se odrážející teploty a potom je zadávána hodnota součinitele emisivity tak dlouho, až je systémem vypočtená teplota stejná, jako je kontaktně změřená teplota tělesa.

- a) Místo měření je částečně překryto látkou o známé (nejlépe vysoké) emisivitě, jako je například speciální černá barva nebo štítek o známé emisivitě a bezkontaktně pomocí termovize je změřena teplota místa či oblasti s tímto krytím. Díky tomu je získán údaj o skutečné teplotě, protože teplota v bezprostředním okolí krytí bude stejná jako v místě krytí. Tento údaj je poté využit při nastavení zdánlivě se odrážející teploty.
- b) V případě měření členitých objektů s mnoha prvky je tento objekt nejprve zahřát v zahřívacím boxu na jednu teplotu. Po zahřátí objektu se v co možná nejkratším čase po vyjmutí objektu ze zahřívacího boxu pořídí termogram. Na termogramu se zobrazí jednotlivé prvky objektu s jinými teplotami. Tento rozdíl teplot není způsoben jinými teplotami ale jinými emisivitami jednotlivých prvků. Jelikož skutečná teplota je známa, tak se při vyhodnocení emisivity pro jednotlivé prvky využije vyhodnocení podle bodu a). [1][12]

#### **1.9.3.2 Emisivita textilních materiálů**

Znalost součinitele emisivity textilních materiálů je důležitou podmínkou v případě, že je potřeba analyzovat teplotu textilních materiálů pomocí termografické techniky. Na toto téma byla vypracována diplomová práce s názvem Určení emisivity textilních materiálů

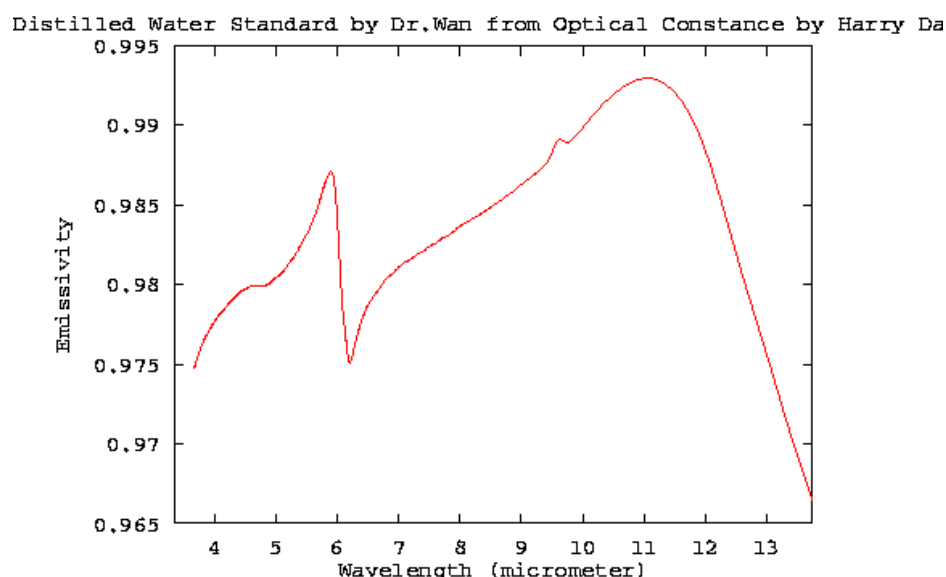
pomocí infračervené termografie, jejímž autorem je Bc. Zuzana Dostálová. Tato práce stanovuje doporučenou emisivitu pro jednotlivé textilní materiály. V Tabulka 1 jsou uvedeny vybrané textilní materiály se známou emisivitou.

Tabulka 1: Doporučená emisivita pro vybrané druhy textilních materiálů [15]

materiálové složení	doporučená emisivita
vlna merino	0,92
100% polypropylen	0,95
funkční polyester	0,87
bavlna	0,77
bavlna/polypropylen	0,83
hedvábí	0,78

### 1.9.3.3 Emisivita vody

Vzhledem k tomu, že v rámci experimentální části práce byla prováděna měření na vzorcích, které byly v přímém kontaktu s vodou, je vhodné si přiblížit, jaké jsou emisivní vlastnosti této kapaliny. Voda jako taková nemá vlastnosti podobné ideálně černému tělesu. Emisivita vody je odvislá od vlnové délky vyzařování. Vliv na emisivitu vody má také druh a kvalita zkoumaného vzorku vody. Například emisivita destilované vody se pohybuje mezi 0,95 a 0,99. Voda může způsobit změnu emisivity samotných textilních vzorků, vzhledem k tomu, že bude nasávána do jejich struktury.

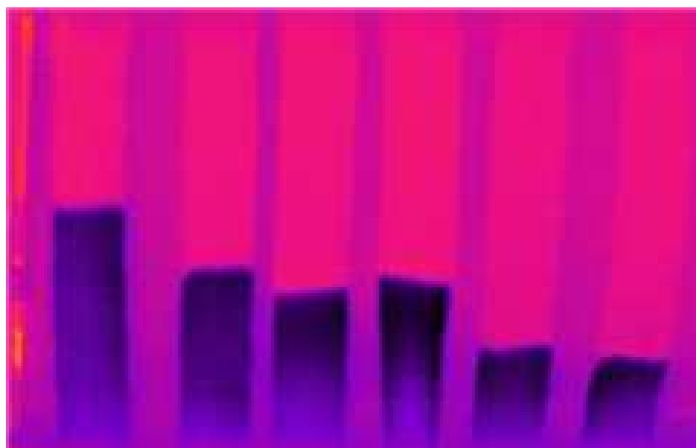


Obrázek 2: Emisivita destilované vody v závislosti na vlnové délce [8]

V experimentální části práce budou pomocí termografie zjišťovány hlavně rozměry a pozice jednotlivých teplotních polí. Přesné vyhodnocení teploty snímaných teplotních polí nebude předmětem zkoumání. Znalost součinitele emisivity vody, potřebného ke správnému vyhodnocení teploty vody, tedy není pro tento experiment nezbytně nutná. [8]

#### **1.9.4 Využití termografické techniky při stanovování savosti textilií**

Využitím termografické techniky při stanovování savosti textilií se již zabývala textilní fakulta na univerzitě North Carolina State University. Stanovování probíhalo následovně. Jeden konec vzorku textilie byl zajištěn ve svislé poloze, zatímco opačný konec směřoval do nádoby s destilovanou vodou. Sací výška byla měřena v intervalech 1, 5 a 10 minut. Výsledná sací výška byla uváděna v centimetrech. Termovizní kamera zde sloužila k zobrazení sací výšky, která nebyla snadno zjistitelná pouhým okem. [9]



Obrázek 3: Termogram z měření sací výšky na univerzitě NCSU [9]

### **1.10 Obrazová analýza**

Vzhledem k tomu, že v rámci experimentální části práce byly nasnímané termogramy analyzovány pomocí obrazové analýzy, tak je vhodné si přiblížit princip obrazové analýzy. Princip obrazové analýzy je následovný. Nejprve je získán obraz reálného světa pomocí snímání a digitalizace obrazu. Poté je obraz předzpracován pomocí transformace, která může být jasová, geometrická a morfologická, ostření a filtrace. Následně je pomocí segmentace vyčleněn objekt zájmu a tento objekt je zanalyzován. Analýza vyčleněného objektu spočívá ve změření jeho rozměrů a následném vyhodnocení dat. Z vyhodnocených dat jsou interpretovány výsledky měření. K obrazové analýze slouží program NIS Elements. Tento program umožňuje vyhodnocovat rozměry objektů, morfologické znaky objektů, orientaci objektů a umístění objektů v ploše. [14]

## 2 Experimentální část

Cílem experimentální části bylo navržení experimentu na stanovení vzlínivosti pomocí srovnávací termografické techniky měření, provedení experimentu stanovení vzlínivosti a stanovení součinitele emisivity u vybraných druhů pletenin. Vzlínivost byla měřena pomocí termovizní kamery FLIR X6540sc. Termovizní kamera v experimentu nesloužila k měření teploty snímaných objektů ale pouze jako zobrazovací prostředek jednotlivých teplotních polí, jejichž rozměry byly následně analyzovány. Veškerá měření byla provedena v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Parametry termovizní kamery jsou uvedeny v příloze č. 1.

### 2.1 Charakteristika zkoušených materiálů

Pro měření bylo využito deset druhů pletenin o různém materiálovém složení a rozdílné struktuře pleteniny. Vzorky byly pro vyšší přehlednost při měření rozděleny do tří skupin. Každá skupina materiálů je něčím charakteristická. Jednotlivé vzorky jsou označeny dle původu materiálu. Detailní snímky testovaných materiálů jsou uvedeny v Příloha č. 2.

První skupina vzorků pletenin se lišila pouze svou strukturou. Materiálové složení měla totožné, a tudíž byla ideální k měření závislosti sací výšky na struktuře pleteniny. Tyto vzorky byly dodány ze skladu Katedry oděvnictví. Charakteristika materiálů je uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Skupina 1 - charakteristika materiálů

Skupina vzorků 1				
označení	materiálové složení			struktura pleteniny
Alfa_19_1	50% bavlna	30% smartcel senzitive	20% SeaCell pure	Zátažná, interloková
Alfa_19_2	50% bavlna	30% smartcel senzitive	20% SeaCell pure	Jednolícni
Alfa_19_3	50% bavlna	30% smartcel senzitive	20% SeaCell pure	Jednolícni, Piké

Druhá skupina vzorků pletenin se liší nejenom svou strukturou, ale také svým materiálovým složením. Sací výšku tedy ovlivňovalo i rozdílné materiálové složení vzorků. Jednotlivé materiály v této skupině jsou charakteristické také tím, že jsou vyrobeny



z nehořlavých vláken. Tyto vzorky byly dodány ze skladu Katedry oděvnictví. Charakteristika materiálu je uvedena v tabulce 3.

Tabulka 3: Skupina 2 - charakteristika materiálů

Skupina vzorků 2					
označení		materiálové složení			struktura pleteniny
1	Artur	líc	80% VI	20% CO	Plyš vnější
		rub	50% polyoxadiazol	50% VI FR	
2	Prokop		60% modakryl FR	40% CO	Zátažná, oboulícni, hladká
3	Kvido		50% kermel	50% VI FR	Zátažná, interloková, hladká

Třetí skupina materiálů se skládá ze vzorků pletenin, jejichž materiálové složení je vždy tvořeno pouze jednou složkou materiálu. Tyto vzorky byly dodány ze skladu Katedry oděvnictví. Charakteristika materiálu je uvedena v tabulce 4.

Tabulka 4: Skupina 3 - charakteristika materiálů

Skupina vzorků 3		
označení	materiálové složení	struktura pleteniny
Beta_2	100% bavlna	Zátažná, jednolícíni, hladká
Beta_3	100% merino	Zátažná, jednolícíni, hladká
Beta_4	100% polyester colmax fresh	Zátažná, oboulícíni, vzorovaná
Beta_5	100% polypropylen	Zátažná, oboulícíni, vzorovaná

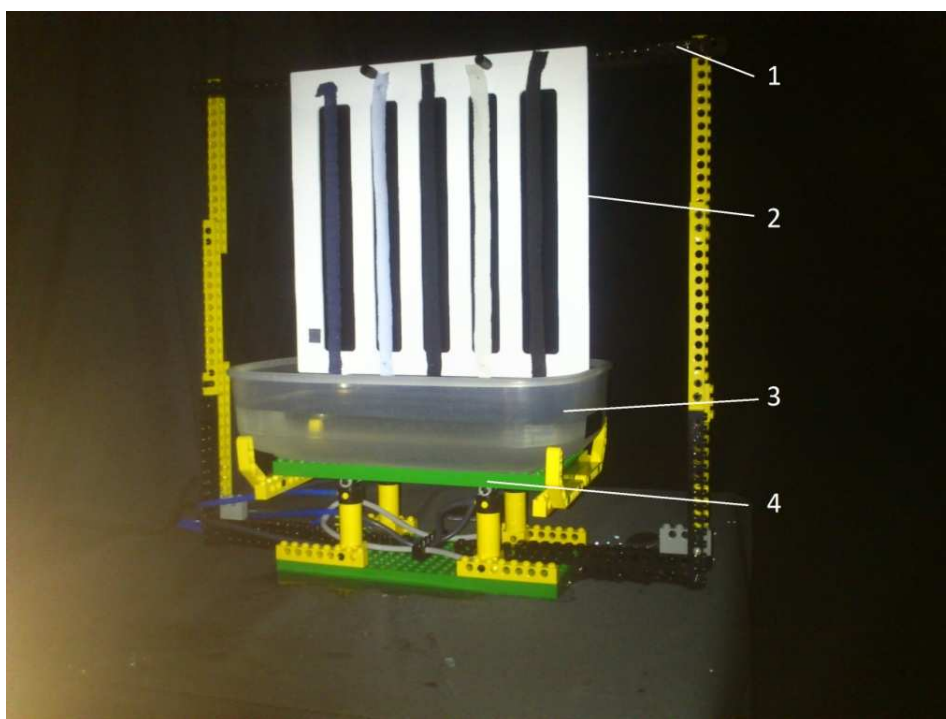
## 2.2 Měření savosti pletenin

Savost je důležitou vlastností všech pletenin. Zejména u pletenin, používaných k výrobě oděvů je tato vlastnost velmi žádoucí. Tato vlastnost je zodpovědná za odvod potu a jiných kapalin od lidského těla. Díky tomu jsou pleteniny s vysokou savostí používány hlavně při výrobě spodního prádla a jiných vrstev oděvu, které jsou v přímém kontaktu s lidským tělem. Tuto vlastnost ovlivňuje především materiálové složení a struktura pleteniny.

### 2.2.1 Příprava experimentu

Součástí přípravy experimentu byla výroba nového přístroje na měření vztlakovosti. Stávající přístroj, který má k dispozici textilní fakulta, nebylo možno použít, protože obsahoval kovové části. Kov má vysokou nepropustnost IČ záření a velkou část IČ záření odráží zpět k termovizní kameře, čímž by negativně ovlivňoval samotná měření. Při výrobě

nového měřicího přístroje tedy bylo nutno se vyvarovat použití kovových částí. Jako inspirace při stavbě přístroje posloužil přístroj na měření vztlávnosti, který má v majetku textilní fakulta. Při konstrukci přístroje bylo také vycházeno z normy ČSN 80 0828 [3], kde je popsán princip funkce přístroje na měření vztlávnosti. Na stavbu přístroje byly využity součástky ze stavebnice Lego Technic. Součástky Lego Technic měly pro tento účel několik výhod. Jsou vyrobeny z plastu a jsou variabilní, tudíž z nich lze sestavit jakákoliv konstrukce. Součástí stavebnice byl také pneumatický systém, který byl využit jako pohyblivá část přístroje. Přístroj se skládal z pneumaticky vysunovatelné plošiny, na níž byla umístěna nádoba na vodu, rámečku na vzorky a nosného rámu. Pneumaticky vysunovatelná plošina a nosný rám byli sestaveny ze součástek stavebnice Lego Technic.



Obrázek 4: Měřicí přístroj na měření vztlávnosti – nosný rám (1), rámeček se vzorky (2), nádoba s vodou (3), pneumaticky vysunovatelná plošina (4)

Rámeček na upnutí vzorků byla jediná část přístroje, která byla nově vyrobena. Rámeček je tvořen čtvercem s rozměry 210 x 210 x 2 mm a je vyroben z polypropylenu. V místech uchycení vzorků jsou v rámečku vyfrézovány otvory. Prostřední tři otvory mají rozměry 170 x 20 mm. Otvory na okrajích rámečku mají rozměry 170 x 25 mm. Jednotlivé otvory jsou od sebe vzdáleny 10 mm a jsou v rámečku z toho důvodu, aby se vzorky v průběhu měření k rámečku nepřilepily. Na vrchním a spodním konci rámečku jsou v rozstupech 25 mm umístěny plastové hroty, za něž jsou vzorky k rámečku připevněny. Hroty ve spodní části rámečku jsou umístěny ve vzdálenosti 5 mm od spodního okraje

rámečku. Hroty ve vrchní části rámečku jsou umístěny ve vzdálenosti 10 mm od vrchního okraje rámečku. V levém spodním rohu rámečku je umístěna kalibrační plocha. Kalibrační plocha má rozměry 10 x10 mm a je vyrobena z hliníkové folie, přilepené na rámeček oboustrannou lepicí páskou. Hliníková folie má nízkou hodnotu součinitele emisivity a vysoký stupeň odrazivosti, tudíž se na termogramu zobrazuje jako světlé místo. Rámeček je k nosnému rámu připevněn pomocí dvou osiček, které se prostrčí otvory ve vrchní části rámečku a zajistí protikusy.



Obrázek 5: Rámeček se vzorky – nosné osičky (1), plastové hroty na upevnění vzorků (2), tělo rámečku (3), kalibrační plocha (4)

Při prvních zkušebních měřeních bylo zjištěno, že rámeček a nádoba na vodu nejsou zcela propustné pro IČ záření. Dále bylo zjištěno, že rámeček odráží část IČ záření zpět k termovizní kameře a tento odraz se na termogramu jeví jako teplejší místo. Tento problém byl odstraněn nanesením barviva o známé emisivitě na rámeček se vzorky. Byla použita bílá barva o emisivitě  $\varepsilon = 0,97$ . Dále byl změněn úhel snímání měřicího zařízení tak, aby termovizní kamera snímala nádobu s vodou z vrchu. Tím byl vyřešen problém s nepropustností okraje nádoby pro IČ záření, který ztěžoval výhled na spodní část vzorků.

Dále byl zjištěn nedostatek v konstrukci měřicího zařízení. Nedostatek spočíval v určení nádoby na vodu jako pohyblivé části přístroje. Při každém vysunutí nádoby s vodou se totiž vodní hladina rozpohybovala a ustálila se zhruba až po 10 sekundách. Tento

nedostatek by se dal odstranit následovně. Nádoba s vodou by byla v přístroji umístěna stabilně a místo ní by byl jako pohyblivý prvek určen rámeček se vzorky, který by se do nádoby zanořoval. Experimentálně bylo potvrzeno, že zanořující se rámeček rozpohybuje vodní hladinu minimálně oproti pohybu pneumatické plošiny.

### **2.2.2 Příprava vzorků k měření**

Jednotlivé vzorky pletenin byly nejprve odděleně vyprány v bubnové pračce. Tím bylo zajištěno odstranění nečistot různého charakteru, které by mohly později nepříznivě ovlivnit savost vzorků a průběh měření.

Při odběru vzorků bylo částečně vycházeno z normy ČSN 80 0828, kde je rozměr vzorků pro měření popsán. Norma uvádí, že se z každého zkoušeného materiálu připraví pracovní vzorky o rozměrech 255 x 10 mm. Tyto rozměry však bylo nutno přizpůsobit dle rozměrů rámečku na upnutí vzorků. Vzorky byly tedy nastříhány na rozměry 200x10 mm. Vzhledem ke zvolené době vztlínání, upravená délka vzorků plně postačovala.

Vzorky byly rozděleny na dvě poloviny podle orientace vzorků. Měření probíhalo na vzorcích orientovaných ve směru sloupků a ve směru řádků. V normě ČSN 80 0828 se také uvádí, že se z každého měřeného materiálu odebere pět vzorků ve směru sloupků a pět vzorků ve směru řádků [3]. Vzhledem k počtu měření a počtu vzorků bylo zvoleno, že od každého materiálu budou postačovat tři vzorky ve směru sloupků a tři vzorky ve směru řádků. Toto množství vzorků představuje minimum pro průkazné provedení měření.

Vzorky bylo nutno donést do místa měření minimálně jeden den před započítím měření, aby došlo k jejich aklimatizaci. Dále bylo nutno zamezit působení tahu, tlaku nebo ohybu na vzorky během přepravy. Tyto silové účinky by mohly působit nežádoucí deformace struktury pletených vzorků. Vzorky byly proto přenášeny vyrovnány jeden vedle druhého v papírové obálce tak, aby se zabránilo jejich zohýbání a zmačkání. Avšak ani přes tato opatření nebylo možno zabránit mírným deformacím vzorků. Deformace se projevovaly zejména mírným protažením vzorků po délce.

### **2.2.3 Postup měření**

Měření probíhalo v malé místnosti, potažené černým sametem, která byla zkonstruována speciálně pro měření s termovizní kamerou. Na konci místnosti byl umístěn stůl, taktéž potažený černým sametem. Na tento stůl se umisťoval měřicí přístroj. Nejprve

byla na stůl přemístěna samotný nosný rám přístroje s pneumatickou plošinou. Na pneumatickou plošinu se poté umístila nádoba s vodou.

V experimentu byla používána voda o teplotě  $14^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  z vodovodní sítě. Do nádoby se vždy nalévala voda o nižší teplotě, než byla teplota v měřicí místnosti. Toto se provádělo z toho důvodu, aby byla sací výška na termogramu dobře patrná. Na nádobě byla vytvořena ryska, aby bylo do nádoby nalito vždy stejné množství vody před každým měřením. Do nádoby se nalévalo vždy takové množství vody, aby hladina vody při započetí vztlínání vždy sahala ke spodním upevňovacím hrotům a přečnívající konce vzorků byly ponořeny do vody. U vstupu do místnosti byla na stativu umístěna termovizní kamera. Původně byla kamera umísťována tak, aby byl objektiv ve vodorovné ose s měřicím přístrojem. Při tomto nasměrování kamery však nebylo zcela vidět na spodní část vzorků. V záběru překážel okraj nádoby, který nebyl zcela průhledný pro IČ záření. Kameru bylo proto nutno nasměrovat tak, aby objektiv snímal nádobu z vrchu. Díky tomuto nasměrování okraj nádoby přestal překážet v záběru na vzorky. Objektiv kamery byl od měřicího přístroje vzdálen zhruba 1 metr a byl vždy zacílen na rámeček se vzorky.

Na závěr se před započítím měření připravoval rámeček se vzorky. Na rámeček byly vzorky připevněny tak, aby lícni strana vždy směřovala k objektivu termovizní kamery. Dále bylo nutno dbát na orientaci sloupků a řádků ve vzorcích pletenin při nasazování vzorků na rámeček. Vzorky byly rozděleny na dvě skupiny podle orientace sloupků a řádků vůči délce vzorků. Tyto skupiny bylo nutno měřit odděleně. Na rámečku tedy mohla být upnuta vždy pouze jedna ze dvou skupin vzorků. Ještě před umístěním rámečku do měřicího přístroje byl vytvořen záznam o pozici jednotlivých druhů vzorků v rámečku. Tento záznam později sloužil při analýze termogramu k identifikaci jednotlivých vzorků. Po vytvoření záznamu byl rámeček se vzorky vložen do měřicího přístroje a měřicí místnost byla opuštěna a zvenčí uzavřena.

Před zahájením měření bylo nutno nechat rámeček se vzorky aklimatizovat na teplotu uvnitř měřicí místnosti. Aklimatizace se prováděla z toho důvodu, aby z rámečku zmizely tepelné stopy. Tyto tepelné stopy ulpěly na rámečku během jeho umísťování do měřicího přístroje. Odstranění tepelných stop nebyl jediný důvod k provádění aklimatizace rámečku se vzorky. Tato aklimatizace se prováděla i kvůli pozdějšímu stanovování emisivity měřených vzorků, jelikož nasnímané termogramy byly v tomto stanovování využity. Po aklimatizaci rámečku se vzorky mohlo být spuštěno samotné měření.



Obrázek 6: Pracovní stanoviště

Měření bylo započato spuštěním snímání videa a vysunutím pneumatické plošiny. Při vysunutí pneumatické plošiny se vzorky dostaly do kontaktu s vodní hladinou a tím započalo vztlínání. V normě ČSN 80 0828 se uvádí, že by se doba vztlínání měla zvolit z řady 10 s, 20 s, 30 s, 60 s nebo 30 minut [3]. První čtyři časové intervaly však nebyly pro naše měření dostatečně dlouhé a poslední časový interval byl pro změnu příliš dlouhý. Proto byla délka každého měření stanovena na 10 minut  $\pm$  1 minuta. Tento časový úsek byl zvolen jako více než dostatečně dlouhý pro následnou analýzu dat. Nasnímaná videa později sloužila ke stanovení rychlosti, za kterou vzorky dosáhly určité sací výšky.

Během jednotlivých měření byla snímána také teplota a vlhkost vzduchu v měřicí místnosti. Teplota a vlhkost vzduchu byly snímány elektronickým teploměrem, jehož sonda byla vložena do uzavřené měřicí místnosti. Naměřená teplota později sloužila k porovnání při výpočtu zdánlivé odražené teploty a jako jeden z parametrů objektu snímku. Při průběhu měření se teplota vzduchu v měřicí místnosti zvyšovala zhruba o 0,05°C za minutu, jelikož vzduch v místnosti zahřívala spuštěná termovizní kamera.

Po uplynutí stanovené doby byla pneumatická plošina zasunuta a tím došlo k zastavení procesu vztlínání. Následně bylo zastaveno snímání videa a byl pořízen snímek vzorků s navzlínanou kapalinou. Tento snímek později posloužil při analýze dat ke zjištění sací

výšky. Po ukončení všech měření v daném dni byl na závěr pořízen snímek se zmačkanou a znovu narovnanou hliníkovou folií v záběru. Tento snímek později sloužil k změření zdánlivé odražené teploty. Jednotlivé nasnímané termogramy se nacházejí v příloze č. 3.



Obrázek 7: Náhled do měřicí místnosti před započítím měření

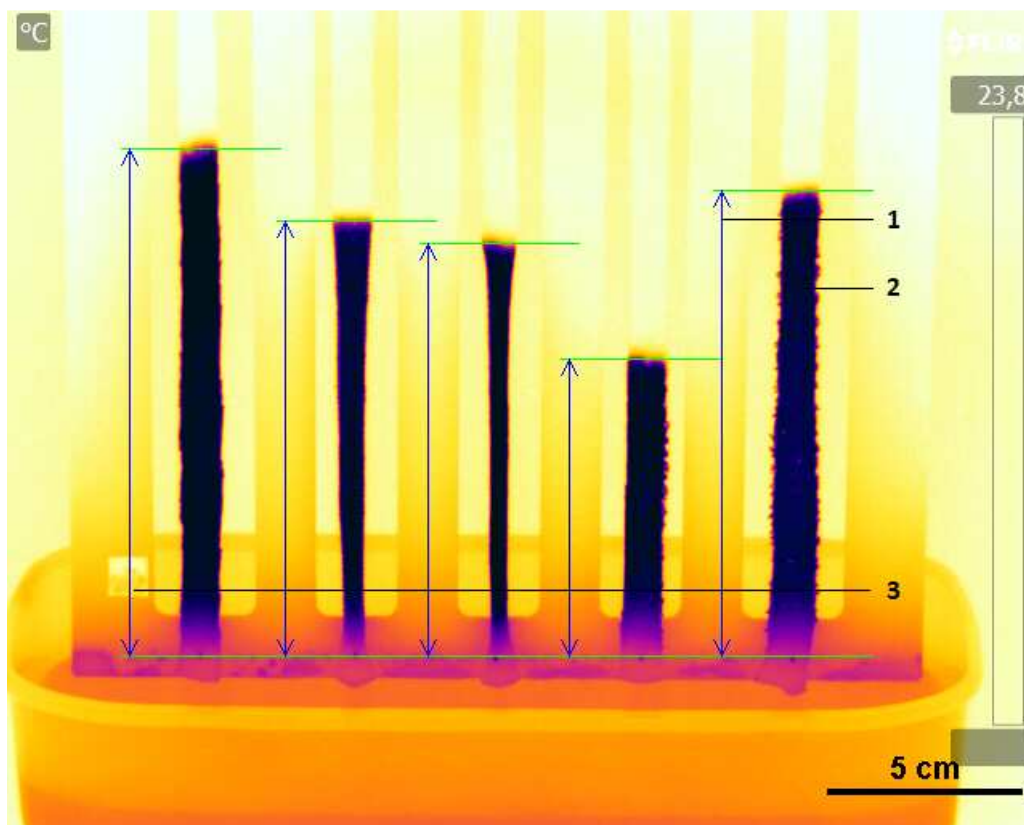
#### **2.2.4 Vyhodnocení naměřených dat – sací výška**

Snímky s navzlínanou kapalinou byly analyzovány pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Nejprve bylo nutno v programu FLIR ResearchIR MAX snímky převést do formátu pro ukládání obrázků JPEG. Snímky v tomto formátu bylo poté možno načíst do programu NIS Elements. Po načtení snímků do programu musela být před započítím analýzy snímků provedena kalibrace programu.

Kalibrace se provedla následovným způsobem. Na snímku se pomocí dvou přímek ohraničila kalibrační plocha, která byla umístěna na rámečku se vzorky. Poté se do programu zadala vzdálenost mezi přímkami. Tato vzdálenost byla shodná s rozměry kalibrační plochy.



Tím byla kalibrace hotova a mohlo se přejít k samotné analýze. Analýza se prováděla pomocí funkce anotace a interaktivní měření. Po spuštění této funkce se na snímku pomocí dvou přímek označila sací výška a naměřená vzdálenost byla exportována do programu MS Excel. Počátek sací výšky byl vždy označován v místě umístění spodních úchytných hrotů. V programu MS Excel byla naměřená data statisticky zpracována. Výsledkem měření byla sací výška v [mm], dosažená za časový úsek 10 minut. Výsledné hodnoty pro jednotlivé skupiny materiálů jsou uvedeny v tabulce 5, tabulce 6 a tabulce 7.

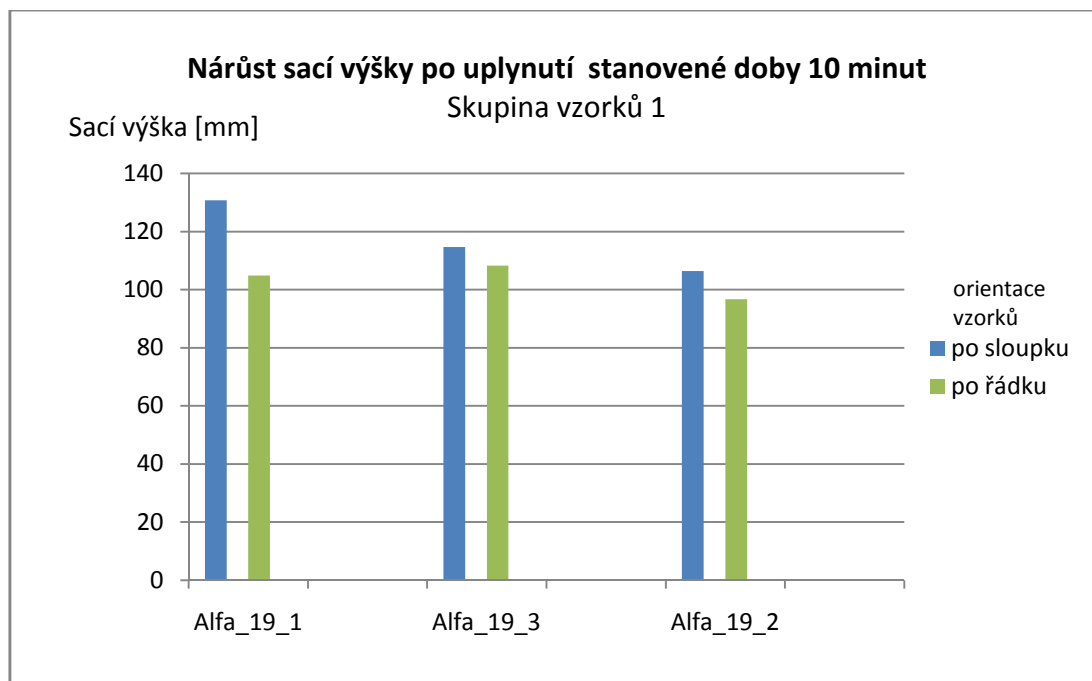


Obrázek 8: Zanalyzovaný termogram – změřená sací výška (1), navzlínaná kapalina (2), kalibrační plocha (3)

Tabulka 5: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 1

označení	Struktura/Pletenina	materiálové složení	orientace vzorků	sací výška [mm]
Alfa_19_1	Zátažná, interloková	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure	po sloupku	130,700
			po řádku	104,867
Alfa_19_3	Jednolícni, Piké	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure	po sloupku	114,633
			po řádku	108,267
Alfa_19_2	Jednolícni	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure	po sloupku	106,400
			po řádku	96,700

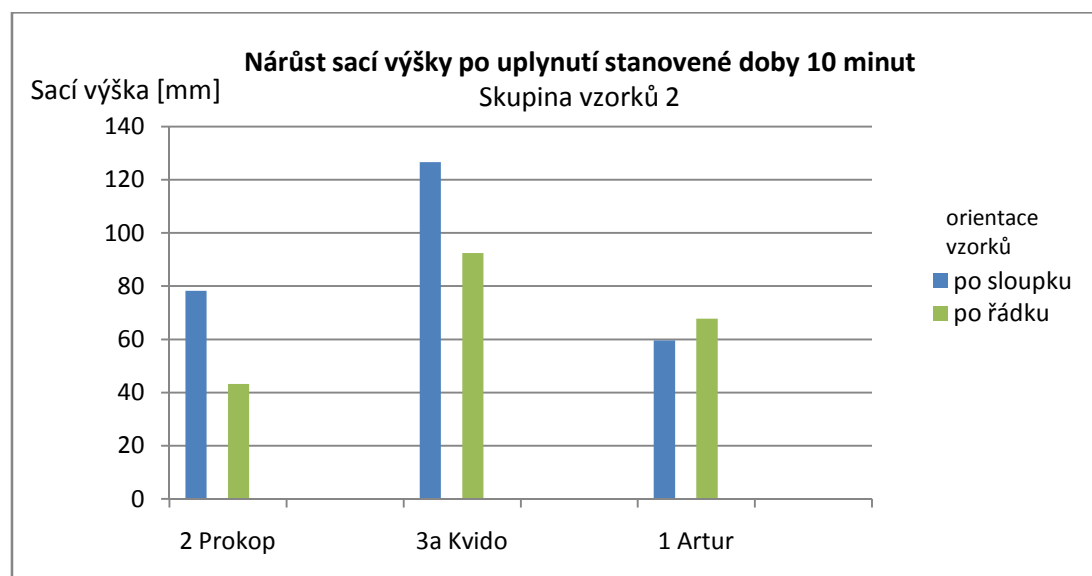




Graf 1: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - skupina vzorků 1

Tabulka 6: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 2

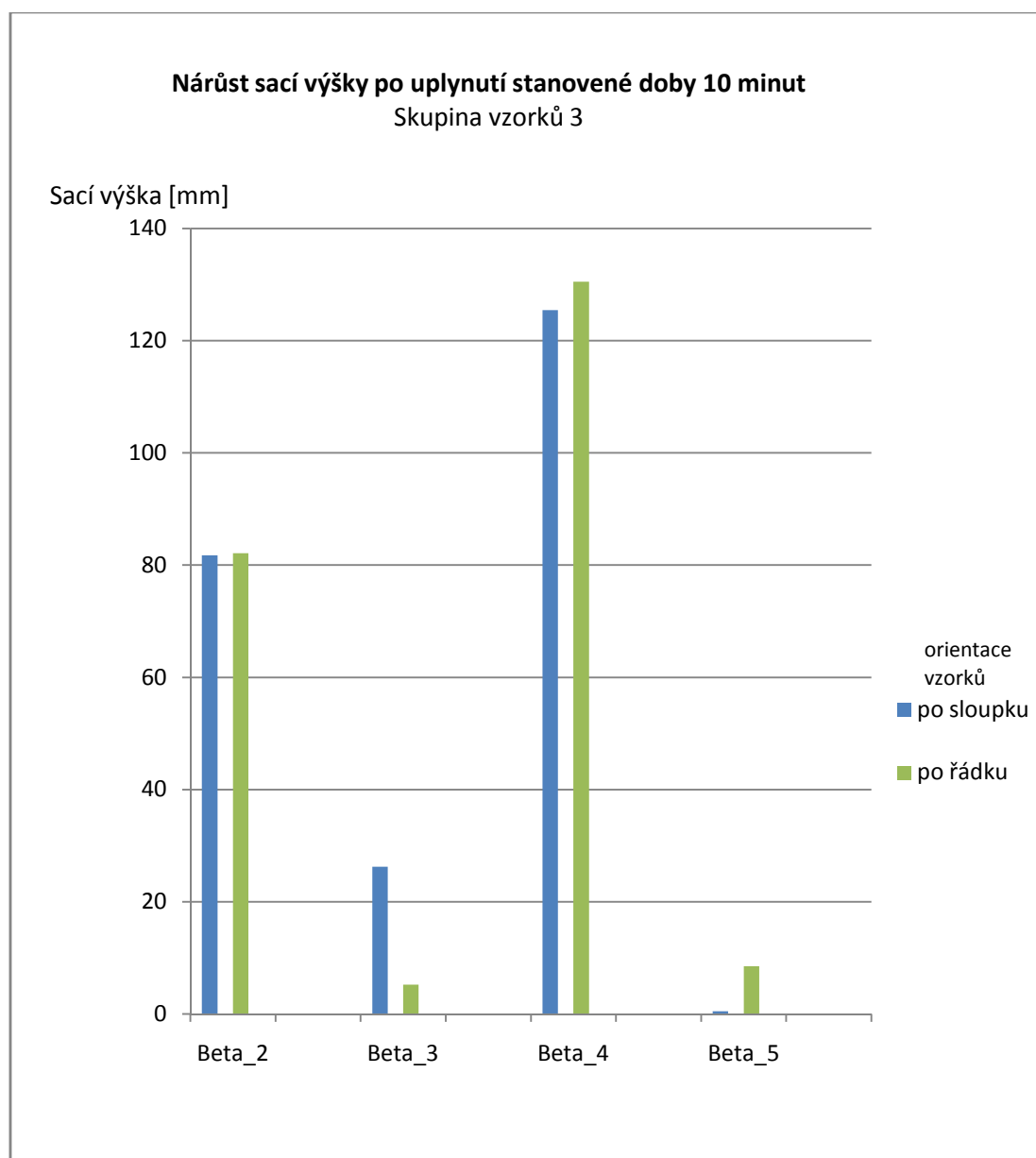
označení	Struktura/Pletenina	materiálové složení	orientace vzorků	sací výška [mm]
2 Prokop	zátažná, obouliční, hladká	60% modakryl FR / 40% CO	po sloupku	78,200
			po řádku	43,267
3a Kvido	zátažná, interloková, hladká	50% kermel / 50% VI FR	po sloupku	126,667
			po řádku	92,467
1 Artur	plyš vnější	líc - 80% VI / 20 % CO, rub - 50% polyoxadiazol / 50% VI FR	po sloupku	59,600
			po řádku	67,733



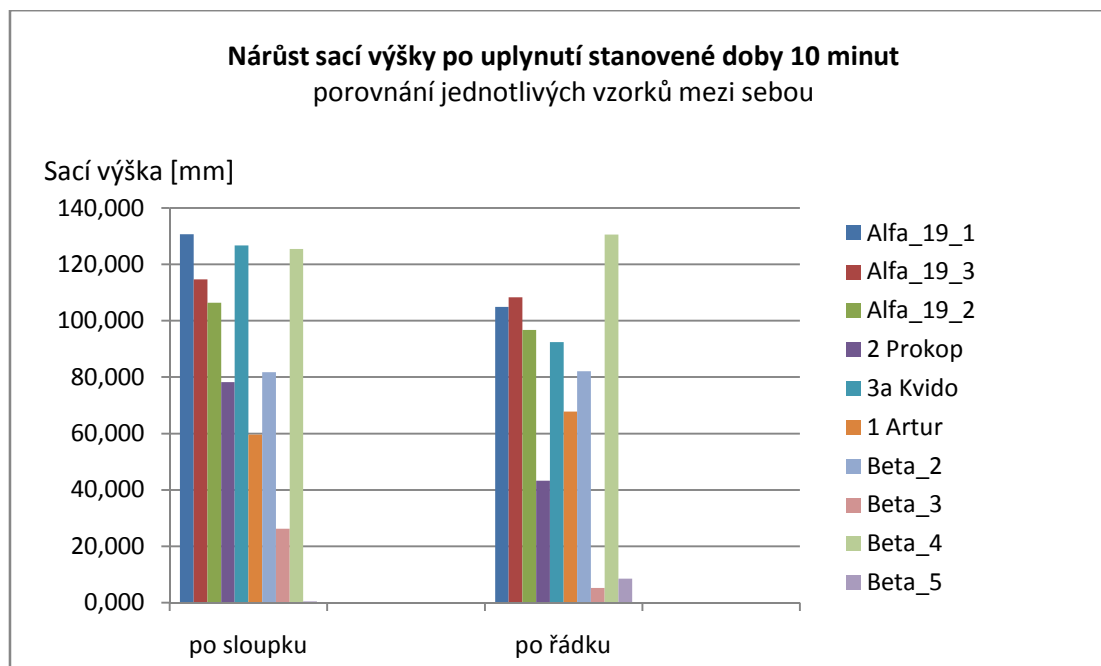
Graf 2: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - skupina vzorků 2

Tabulka 7: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 3

označení	Struktura/Pletenina	materiálové složení	orientace vzorků	sací výška [mm]
Beta_2	Zátažná, jednolící, hladká	100% bavlna	po sloupku	81,733
			po řádku	82,133
Beta_3	Zátažná, jednolící, hladká	100% merino	po sloupku	26,267
			po řádku	5,233
Beta_4	Zátažná, oboulící, vzorovaná	100% polyester colmax fresh	po sloupku	125,433
			po řádku	130,533
Beta_5	Zátažná, oboulící, vzorovaná	100% polypropylen	po sloupku	0,467
			po řádku	8,500



Graf 3: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut – skupina vzorků 3



Graf 4: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - porovnání jednotlivých vzorků mezi sebou

#### 2.2.4.1 Dílčí závěr

Jako první byly vyhodnoceny vzorky z první skupiny materiálů. Tyto materiály byly výjimečné tím, že se lišili pouze svou strukturou pleteniny. Struktura pleteniny je jednou ze dvou parametrů, určujících množství kapilárních prostor v pletenině. Materiálové složení měly vzorky v této skupině totožné, tudíž rozdíl v sací výšce u jednotlivých vzorků z první skupiny je zapříčiněn právě rozdílnou strukturou pleteniny jednotlivých vzorků. Všechny tři testované struktury pletenin z první skupiny vzorků sály lépe ve směru sloupků, než ve směru řádků. Jak je z naměřených hodnot patrné, tak nejlepší sací schopnost ve směru sloupků měla zátažná, interloková pletenina Alfa\_19\_1 s materiálovým složením 50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure, nejhorší pak jednolící pletenina Alfa\_19\_2 s materiálovým složením 50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure. Nejlepší sací schopnost ve směru řádků měla jednolící, piké pletenina Alfa\_19\_3 s materiálovým složením 50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure, nejhorší pak jednolící pletenina Alfa\_19\_2 s materiálovým složením 50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure.

Následovně byla vyhodnocena druhá skupina materiálů. Vzorky z druhé skupiny materiálů se lišili nejenom svou strukturou ale také materiálovým složením. Z naměřených dat tedy nebylo možno přesně určit, zda li má na výslednou sací výšku větší vliv struktura

pleteniny nebo právě materiálové složení. Materiálové složení je druhý parametr, určující množství kapilárních prostor v pletenině. Kapilární prostory se nacházejí například v různě tvarovaných průřezích vláken. Z naměřených hodnot vyplývá, že nejlepší sací schopnost ve směru sloupků měla zátažná, interloková, hladká pletenina 3a Kvido s materiálovým složením 50% kermel / 50% VI FR, nejhorší pak pletenina plyš vnější 1 Artur s materiálovým složením 80% VI / 20% CO na lící straně a 50% polyoxadiazol / 50% VI FR na rubní straně. Nejlepší sací schopnost ve směru řádků měla zátažná, interloková, hladká pletenina 3a Kvido s materiálovým složením 50% kermel / 50% VI FR, nejhorší pak zátažná, oboulícní, hladká pletenina 2 Prokop s materiálovým složením 60% modakryl FR / 40% CO. Materiály 2 Prokop a 3a Kvido sály lépe ve směru sloupků, než ve směru řádků. Pouze materiál 1 Artur sál lépe ve směru řádků, než ve směru sloupků.

Jako poslední byla vyhodnocena třetí skupina materiálů. Vzorky v této skupině se taktéž lišili svou strukturou i materiálovým složením. V této skupině se však vyskytovaly pouze dva druhy struktury pleteniny, tudíž se dalo odhadnout, zda li má na výslednou sací výšku větší vliv struktura pleteniny nebo materiálové složení. Nejlepší sací schopnost ve směru sloupků měla zátažná, oboulícní, vzorovaná pletenina Beta\_4 s materiálovým složením 100% polyester colmax fresh, nejhorší pak zátažná, oboulícní, vzorovaná pletenina Beta\_5 s materiálovým složením 100% polypropylen, který vodu ve směru sloupků v podstatě nepřijímal. Nejlepší sací schopnost ve směru řádků měla zátažná, oboulícní, vzorovaná pletenina Beta\_4 s materiálovým složením 100% polyester colmax fresh, nejhorší pak zátažná, jednolícní, hladká pletenina Beta\_3 s materiálovým složením 100% merino. Materiál Beta\_4 předčil svou sací výškou ostatní testované materiály. Naopak naprosto propadly materiály Beta\_3 a Beta\_5, jejichž sací schopnost je velmi podprůměrná v obou směrech struktury pleteniny. Materiál Beta\_5 měl shodnou strukturu s materiálem Beta\_4, tudíž na sací schopnost těchto dvou materiálů mělo hlavní vliv materiálové složení. To samé platí i pro materiály Beta\_2 a Beta\_3, které se taktéž výrazně lišili svou sací výškou i přes svou shodnou strukturu pleteniny. Tabulky se statisticky zpracovanými daty se nacházejí v příloze č. 4.

#### **2.2.5 Vyhodnocení naměřených dat – nárůst sací výšky v závislosti na čase**

Nasnímaná videa byla analyzována pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Nejprve bylo nutno v programu FLIR ResearchIR MAX videa převést do formátu pro přehrávání video souborů AVI. Videa v tomto formátu bylo poté možno načíst do programu NIS Elements. Po načtení videí do programu musela být před započítím analýzy

videí provedena kalibrace programu. Kalibrace byla provedena stejným způsobem, jako při analýze sací výšky v případě jednotlivých snímků. Pod načteným a zkalibrovaným videem byla zobrazena časová stopa videa, která symbolizovala délku videa. Video bylo v programu zobrazeno jako soubor jednotlivých snímků a mezi těmito snímky se bylo možno pohybovat posouváním posuvníku po časové stopě. Díky tomu bylo možno zobrazit snímek z kterékoliv části videa. Snímek bylo poté možno analyzovat stejným způsobem, kterým byla prováděna analýza snímků ve formátu JPEG. Video bylo analyzováno v rozmezí od 0 sekund do 5 minut. Snímky v tomto rozmezí byly vybírány v intervalu 30 sekund. Již během měření bylo z termogramů patrné, že nejrychlejší průběh vztlínání se odehrával během první minuty měření. Poté rychlost vztlínání postupně klesala. Proto byl tento časový úsek stanoven jako dostatečný pro zjištění nárůstu sací výšky v závislosti na čase. Z každého videa bylo zanalyzováno deset snímků. Naměřené sací výšky byly exportovány do programu MS Excel. V programu MS Excel byla naměřená data statisticky zpracována a byly vytvořeny grafy, zobrazující průběh procesu vztlínání v závislosti na čase. Naměřená data se nacházejí v příloze č. 5.



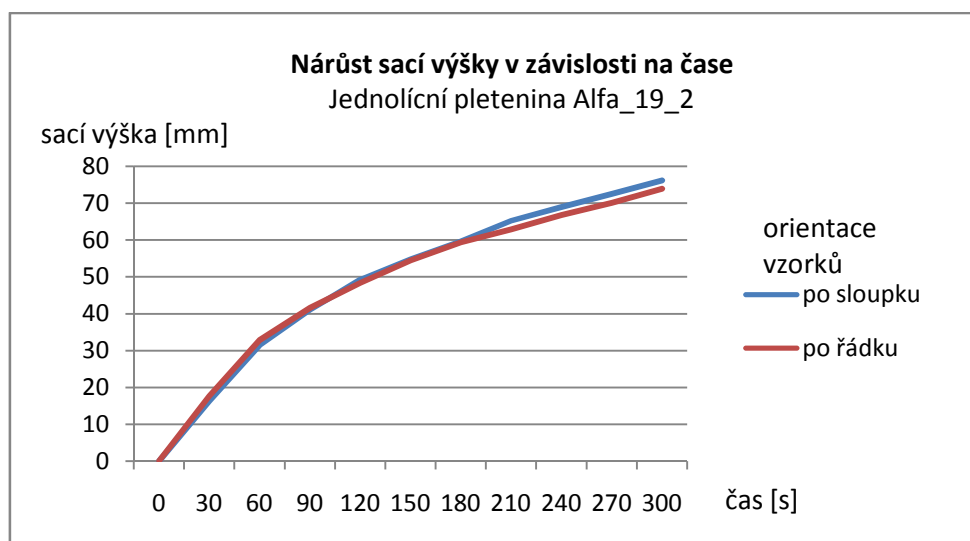
Graf 5: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_1

U vzorku Alfa\_19\_1 probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 60 sekund, kdy dosáhla výšky necelých 55 milimetrů v případě vzorků orientovaných po sloupku a 50 milimetrů v případě vzorků orientovaných po řádku. Po uplynutí prvních 60 sekund se rychlost průběhu vztlínání pozvolna snižovala. Během následujících 60 sekund vzrostla sací výška o necelých 17 milimetrů. Dosažení dalších 20 milimetrů sací výšky již trvalo 150 sekund. Z grafu je patrné, že rychlejší průběh vztlínání měly vzorky orientované po sloupku.



Graf 6: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_3

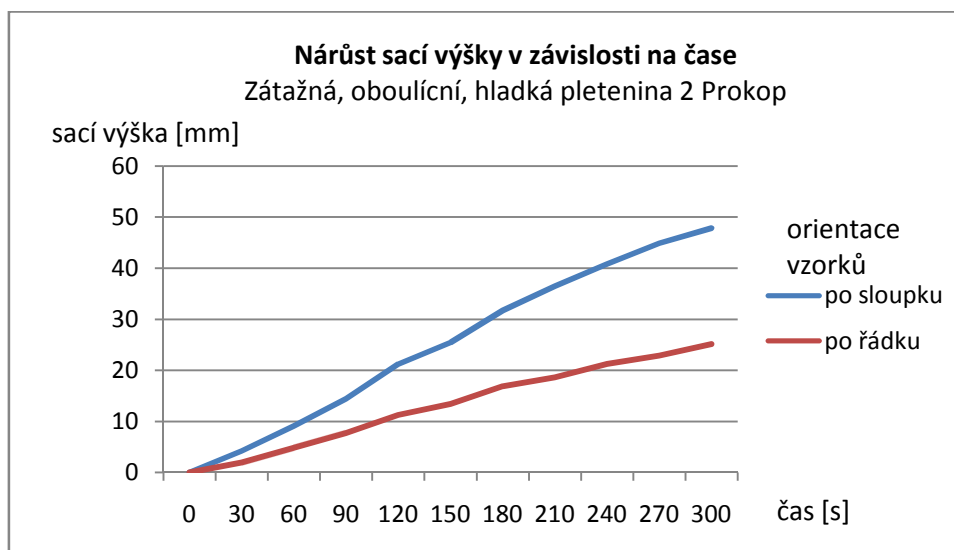
U vzorku Alfa\_19\_3 probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 60 sekund, kdy dosáhla výšky 43 milimetrů. Po uplynutí prvních 60 sekund se rychlost průběhu vztlínání pozvolna snižovala. Během následujících 60 sekund vzrostla sací výška zhruba o 16 milimetrů. Poté se rychlost vztlínání ustálila zhruba na 10 milimetrech sací výšky za 60 sekund. Vzorky orientované po sloupku měly přibližně shodný průběh vztlínání se vzorky orientovanými po řádku.



Graf 7: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_2

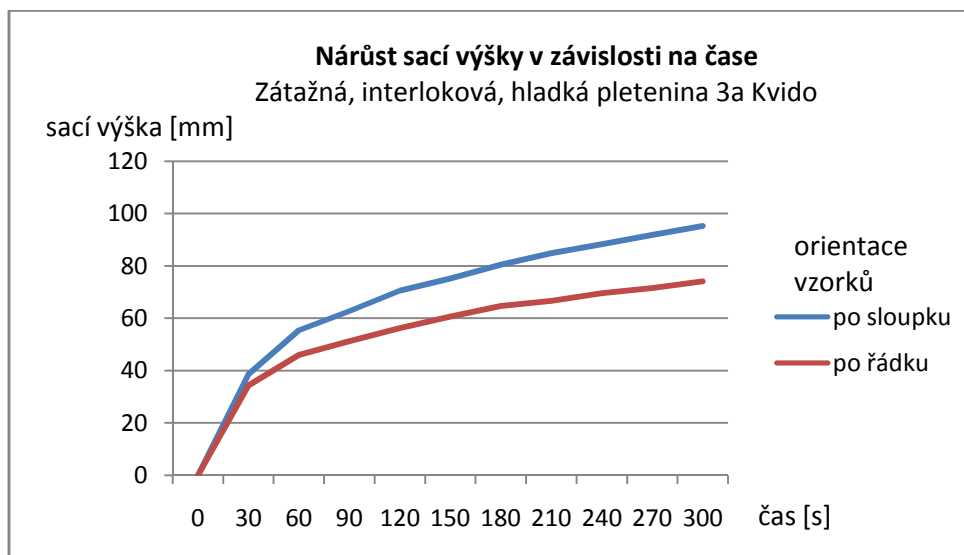
U vzorku Alfa\_19\_2 probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 60 sekund, kdy dosáhla výšky 33 milimetrů. Po uplynutí prvních 60 sekund se rychlost průběhu vztlínání pozvolna snižovala. Během následujících 60 sekund vzrostla sací výška zhruba o 15 milimetrů. Vzorky orientované po řádku měly shodný průběh vztlínání se vzorky

orientovanými po sloupku až do 180 sekund. Po 180 sekundách se průběh vztlínání vzorků orientovaných po řádku mírně zpomalil oproti vzorkům orientovaným po sloupku.



Graf 8: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 2 Prokop

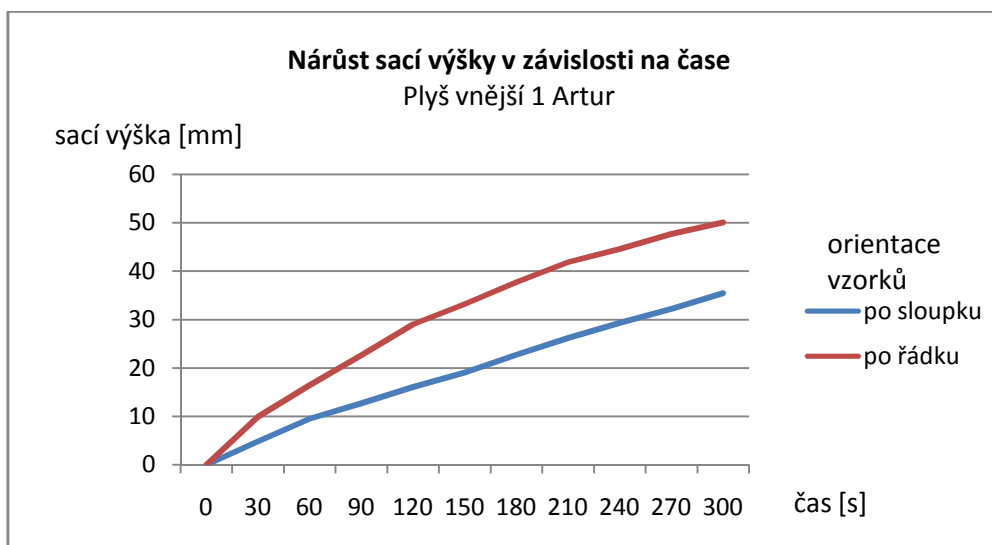
U vzorku 2 Prokop probíhal nárůst sací výšky lineárně po celou dobu měření. Z grafu je patrné, že u vzorků orientovaných po sloupku byla rychlost průběhu vztlínání výrazně vyšší oproti vzorkům orientovaným po řádku.



Graf 9: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 3a Kvido

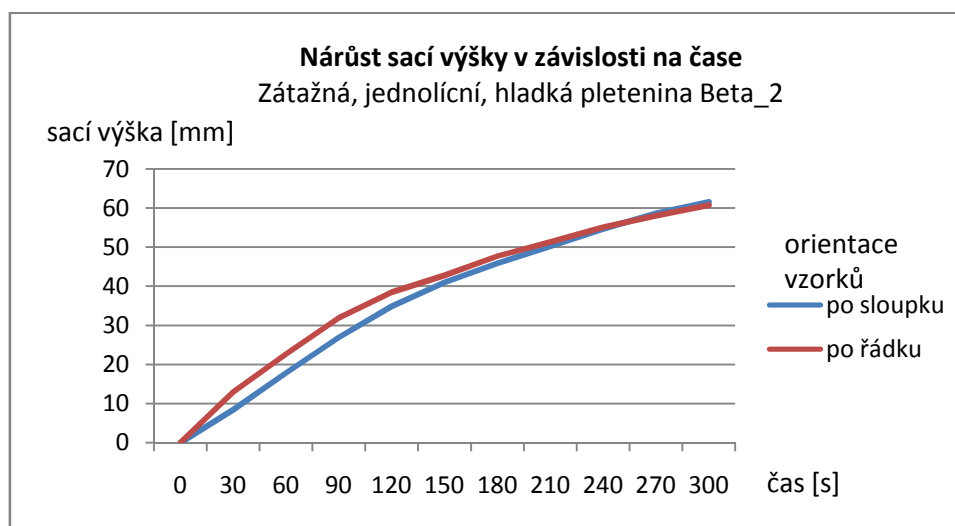
U vzorku 3a Kvido probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 60 sekund, kdy sací výška dosáhla výšky 55 milimetrů v případě vzorků orientovaných po sloupku a 46 milimetrů v případě vzorků orientovaných po řádku. Po uplynutí prvních 60 sekund se

rychlost vztlínání pozvolna snižovala. Vzorky orientované po sloupku měly vyšší rychlost průběhu vztlínání, než vzorky orientované po řádku.



Graf 10: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 1 Artur

U vzorku 1 Artur probíhal nárůst sací výšky lineárně po celou dobu měření. Tato lineárnost byla patrná zejména u vzorků orientovaných po sloupku. U vzorků orientovaných po řádku, se rychlost průběhu vztlínání nepatrně zpomalovala. Vzorky orientované po řádku měly vyšší rychlost průběhu vztlínání, než vzorky orientované po řádku.

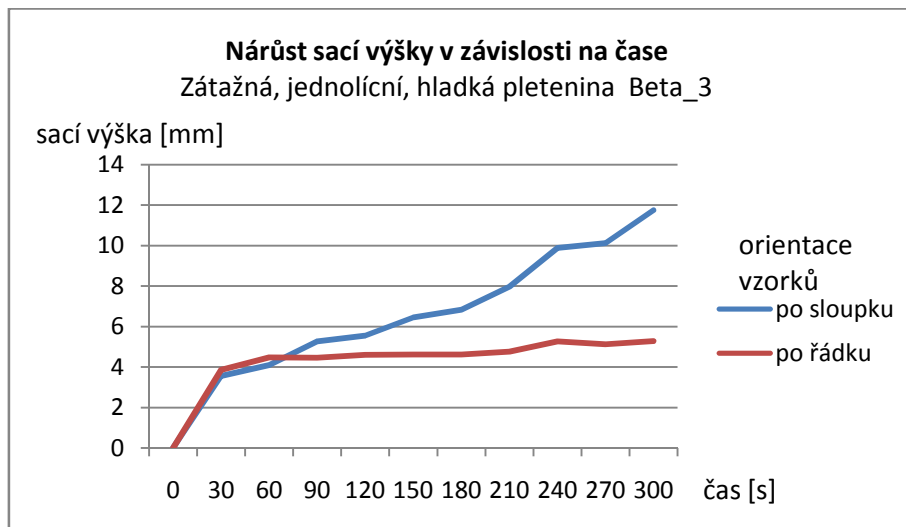


Graf 11: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta\_2

U vzorku Beta\_2 probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 90 sekund, kdy sací výška dosáhla výšky necelých 27 milimetrů v případě vzorků orientovaných po sloupku a necelých 32 milimetrů v případě vzorků orientovaných po řádku. V prvních 150 sekundách měření měly vyšší rychlost průběhu vztlínání vzorky orientované po řádku. Od 150 sekundy

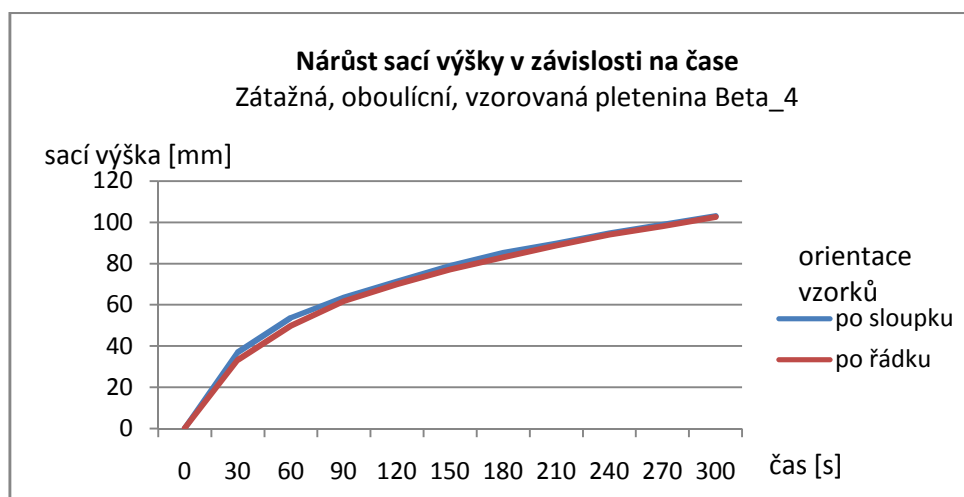


do 270 sekundy byla rychlost průběhu vztlínání shodná pro vzorky obou orientací. Od 270 sekundy měly nepatrně vyšší rychlost průběhu vztlínání vzorky orientované po sloupku.



Graf 12: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta\_3

U vzorku Beta\_3 probíhal proces vztlínání v podstatě pouze u vzorků orientovaných po sloupku. U vzorků orientovaných po řádku docházelo pouze k mírnému vztlínání. Graf, zobrazující rychlost procesu vztlínání v tomto vzorku, není dostatečně přesný. Důvod nedostatečné přesnosti grafu je uveden v dílčím závěru.



Graf 13: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta\_4

U vzorku Beta\_4 probíhal nárůst sací výšky nejrychleji během prvních 60 sekund, kdy sací výška dosáhla výšky necelých 54 milimetrů v případě vzorků orientovaných po sloupku a necelých 50 milimetrů v případě vzorků orientovaných po řádku. Po uplynutí prvních 60 sekund se rychlost procesu vztlínání pozvolna zpomalovala. Do 270 sekundy probíhala u

vzorků orientovaných po sloupku rychlost procesu vzlínání nepatrně rychleji, než u vzorků orientovaných po řádku. Od 270 sekundy byla rychlost procesu vzlínání totožná pro vzorky obou orientací.



Graf 14: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta\_5

U vzorku Beta\_5 probíhal proces vzlínání v podstatě pouze u vzorků orientovaných po řádku. U vzorků orientovaných po sloupku ke vzlínání nedocházelo. Graf, zobrazující rychlost procesu vzlínání v tomto vzorku, není dostatečně přesný. Důvod nedostatečné přesnosti grafu je uveden v dílčím závěru.

#### 2.2.5.1 Dílčí závěr

Z naměřených dat vyplývá, že u šesti vzorků byl průběh vzlínání velmi podobný. Rychlý nástup vzlínání se po 60 až 90 sekundách zpomalil na lineární průběh. Pouze u vzorků 2 Prokop a 1 Artur byl průběh vzlínání převážně lineární po celý časový úsek. Vzorky Beta\_3 a Beta\_5 nebylo možno přesně zanalyzovat. Analyzování videí pomocí obrazové analýzy prokázalo, že tento druh analýzy není dostatečně přesný pro stanovování sací výšky na termogramech v krátkých časových úsecích. Nedostatečná přesnost se projevila zvláště u vzorků Beta\_3 a Beta\_5, které dosahovaly velmi nízké sací výšky. Termogram neposkytoval dostatečně detailní rozlišení obrazu, tudíž nízká sací výška těchto vzorků se v programu NIS Elements velmi komplikovaně označovala a měřila. Příčinou nedostatečně detailního termogramu byl s nejvyšší pravděpodobností video formát AVI, do něhož byly videa převedeny. Při převodu videí do tohoto formátu dochází ke ztrátové kompresi videa, která je příčinou nízkého rozlišení videa. Tento problém prozatím nelze vyřešit převodem

termogramů do jiného bezztrátového formátu, jelikož program FLIR ResearchIR MAX podporuje pouze převod do formátu AVI.

### **2.2.6 Stanovení součinitele emisivity testovaných vzorků pletenin**

Ke stanovení součinitele emisivity jednotlivých vzorků pletenin byly využity termogramy z měření sací výšky a program FLIR ResearchIR MAX. Při stanovování součinitele emisivity bylo vycházeno z normy ČSN ISO 18434-1 [12], kde je postup stanovení součinitele emisivity popsán. Princip stanovování spočíval v porovnávání teploty měřených vzorků s objektem o známé emisivitě. Měřený vzorek se umístí do těsné blízkosti k objektu o známé emisivitě a oba dva objekty se nechají klimatizovat na shodnou teplotu. Poté je termograficky změřena teplota objektu o známé emisivitě. Díky tomu je získán údaj o skutečné teplotě, protože teplota v bezprostřední blízkosti objektu o známé emisivitě bude stejná jako teplota samotného objektu. Tento údaj je využit při nastavení správné hodnoty zdánlivě se odrážející teploty. Pokud se měřený objekt na termogramu zobrazuje jako teplejší nebo naopak studenější i po nastavení správné zdánlivě se odrážející teploty, tak je to způsobeno právě rozdílným součinitelem emisivity měřeného vzorku. Hodnota součinitele emisivity je poté měněna tak dlouho, dokud není zobrazená teplota shodná s hodnotou zdánlivě se odrážející teploty. Tímto způsobem se dosáhne stanovení součinitele emisivity jednotlivých vzorků pleteniny.

Jako objekt o známé emisivitě byl využit rámeček na upínání vzorků. Rámeček byl při vylepšování měřicího přístroje nabarven bílou barvou o známé emisivitě  $\varepsilon = 0,97$ . Výrobce barviv o známé emisivitě je společnost FLIR. Nejprve byly termogramy načteny do programu FLIR ResearchIR MAX. Na termogramu se následně rozmístily body měření, sloužící k bodovému měření teploty. Tyto body zobrazovaly teplotu místa, na něž byly umístěny. Poté byly nastaveny parametry objektu snímku. Součinitel emisivity se nastavil na  $\varepsilon = 0,97$ , aby byl shodný s emisivitou barviva na rámečku se vzorky. Po emisivitě se nastavoval parametr zdánlivě odražené teploty. Tento parametr byl zjištěn ze snímku zmačkané a znovu narovnané hliníkové folie, který byl pořízen vždy na závěr všech měření sací výšky v daný den. Měření zdánlivě odražené teploty probíhalo následovně. Snímek byl načten do programu FLIR ResearchIR MAX a po ploše hliníkové folie na snímku bylo přejížděno bodem měření. Bod měření vždy zobrazoval teplotu místa, na němž byl zrovna umístěn. Díky tomu bylo možno zjistit průměrnou zdánlivou odraženou teplotu. Po zjištění zdánlivě odražené teploty byl tento parametr uveden při nastavování parametrů objektu snímku. Na závěr se do

parametrů nastavila atmosférická teplota a vlhkost vzduchu. Tyto dva parametry byly zjištěny v průběhu každého měření sací výšky pomocí elektronického teploměru s externí sondou. Tím bylo nastavení parametrů objektu snímku u konce a mohlo se přejít k samotnému měření součinitele emisivity jednotlivých vzorků.

Součinitel emisivity byl měřen pomocí bodů měření, které byly rozmístěny po snímku již před nastavováním parametrů objektu snímku. Body se na snímek rozmístily tak, aby vždy v blízkosti bodu, umístěném na měřeném vzorku, byl bod, umístěný na objekt o známé emisivitě. Body měření se na měřený vzorek umisťovaly do oblastí, které nebyly nasáklé vodou. Voda vzhledem ke svému proměnné emisivitě by totiž mohla nepříznivě ovlivnit určení součinitele emisivity samotného vzorku. Součinitel emisivity vzorků se poté nastavoval tak dlouho, dokud nebyla snímaná teplota shodná s teplotou objektu o známé emisivitě. Emisivita, během které bylo dosaženo shodné teploty s teplotou objektu o známé emisivitě, byla zaznamenána jako součinitel emisivity daného vzorku. Jednotlivé naměřené hodnoty byly zpracovány v programu MS Excel. Výsledné naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 6.

#### **2.2.6.1 Dílčí závěr**

Součinitel emisivity je proměnná veličina, která závisí na mnoha faktorech. Bylo zjištěno, že s rostoucí teplotou v měřicí místnosti se emisivita vzorků blížila emisivitě  $\varepsilon = 1,0$ . Při teplotě v měřicí místnosti mezi 22 a 24°C se součinitel emisivity vzorků pohyboval mezi  $\varepsilon = 0,8$  až  $\varepsilon = 0,95$ . Při teplotě nad 24°C se součinitel emisivity pohyboval již mezi  $\varepsilon = 0,95$  až  $\varepsilon = 0,99$ . Při měření emisivity tedy dost záleží, za jaké teploty je součinitel emisivity stanovován. Celkově je určení přesného součinitele emisivity velmi náročné, jelikož změna teploty o 0,1°C může změnit hodnotu součinitele emisivity testovaného textilního materiálu například o  $\varepsilon = 0,05$ .

### **3 Závěr**

Hlavním cílem této práce bylo navržení experimentu na stanovení vzlínivosti pomocí termovizní kamery a následné provedení experimentu na vybraných vzorcích pleteniny. Experiment prokázal, že pomocí termografické techniky lze úspěšně měřit proces vzlínání. Termovizní kamera zde sloužila jako zobrazovací prostředek pro zobrazení kapaliny, která vzlínala plošnou textilií. Toto je hlavní výhoda této metody oproti klasické metodě měření

vzlínivosti, jelikož při měření klasickou metodou nemusí být vzlínající kapalina v textilií vždy dobře patrná. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena termovizní kamery.

V experimentální části je popsána konstrukce přístroje na měření vzlínivosti, který je zkonstruován speciálně pro měření s využitím termovizní kamery jako zobrazovacího prostředku. Měřicí přístroj byl zkonstruován kompletně z plastu, jelikož kovové části nebylo možno použít z následujícího důvodu. Kov má vysokou nepropustnost IČ záření a velkou část IČ záření odráží zpět k termovizní kameře. Díky tomu se kov na termogramech zobrazuje jako oblast s vysokou teplotou, čímž by zvyšoval rozsah teplot na termogramu a negativně tak ovlivňoval měření rozměrů teplotních polí.

V průběhu jednotlivých měření na přístroji byl zjištěn nedostatek v konstrukci měřicího přístroje. Nedostatek spočíval v určení nádoby na vodu jako pohyblivé části přístroje. Při každém vysunutí nádoby s vodou se totiž vodní hladina rozpohybovala a ustálila se zhruba až po 10 sekundách. Tento nedostatek by se dal odstranit následovně. Nádoba s vodou by byla v přístroji umístěna stabilně a místo ní by byl jako pohyblivý prvek určen rámeček se vzorky, který by se do nádoby zanořoval.

Následně jsou v experimentální části popsány jednotlivé vzorky pletenin, které byly podrobeny experimentu. Důraz byl kladen na vliv materiálového složení a struktury pleteniny na průběh vzlínání a dosaženou sací výšku. Vzorky byly rozděleny do třech skupin materiálů, přičemž každá skupina byla něčím charakteristická. Následně byly jednotlivé vzorky podrobeny experimentu a dosažené sací výšky byly zanalyzovány pomocí obrazové analýzy. Jednotlivé postupy při analýze naměřených dat jsou v práci podrobně popsány. Výsledkem experimentu nebyla pouze sací výška, naměřená za určitý časový úsek ale také byla zdokumentována a vyhodnocena rychlost procesu vzlínání u jednotlivých vzorků pletenin.

Naprostým favoritem, co se týče dosažené maximální sací výšky, byla zátažná, oboulícní, vzorovaná pletenina Beta\_4 s materiálovým složením 100% polyester colmax fresh ze skupiny vzorků 3. Tento materiál dosahoval vynikající sací výšky v jak ve směru sloupků, tak i ve směru řádků. Tento materiál předčil ostatní měřené vzorky také svou rychlostí průběhu procesu vzlínání. Tomuto materiálu se svou maximální dosaženou sací výškou přiblížily pouze pleteniny Alfa\_19\_1 a 3a Kvido. Tyto materiály měly však vynikající sací výšku pouze ve směru sloupků. Co se týče dosažené maximální sací výšky ve směru řádků, tak materiál Beta\_4 neměl mezi ostatními testovanými materiály konkurenci.

Naopak naprostým propadákem, co se týče dosažené maximální sací výšky, byla zátažná, oboulícní, vzorovaná pletenina Beta\_5 s materiálovým složením 100% polypropylen ze skupiny vzorků 3. Tento materiál dosahoval nejnižší sací výšky v obou směrech orientace vzorku. Rychlost průběhu procesu vzlínání byla u tohoto materiálu velmi obtížně měřitelná, jelikož nebyla téměř patrná. Tomuto materiálu se svou nízkou sací výškou velmi přibližovala zátažná, jednolícní, hladká pletenina Beta\_3 s materiálovým složením 100% merino.

Doplňující úlohou experimentu bylo také měření součinitele emisivity jednotlivých zkoumaných vzorků pletenin. Součinitel emisivity je velmi proměnná hodnota, což bylo prokázáno i v rámci této práce. Během experimentu bylo zjištěno, že na hodnotu emisivity má velký vliv teplota okolí i samotného měřeného objektu. S rostoucí teplotou v měřicí místnosti se emisivita vzorků pozvolna zvyšovala. Tato část experimentu prokázala, že je možno při stanovování emisivity použít nasnímané termogramy z experimentu stanovení sací výšky.

## 4 Použitá literatura

- [1] SVOBODA, Jiří. *Termodiagnostika, učební texty*
- [2] KOLÁŘOVÁ, Jitka. *Analýza šíření kapalně vlhkosti textilií*. Diplomová práce. Liberec: TUL, 2013
- [3] ČSN 80 0828: *Stanovení savosti vůči vodě*. Praha: Vydavatelství norem, 1992
- [4] ŠTOČKOVÁ, Hana. *Textilní zbožížnalství – Pleteniny*. Skripta. Liberec: TUL, 2006
- [5] STANĚK, Jaroslav. *Nauka o textilních materiálech, díl I., část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií*. Liberec: VŠST Liberec, 1988
- [6] LINHARTOVÁ, Eva. *Průnik kapaliny textilií*. Diplomová práce. Liberec: TUL, 2005
- [7] WIENER, Jakub. *Smáčení polymerních povrchů*. Skripta. Liberec: TUL, 2003
- [8] MODIS UCSB Emissivity Library. [online]. 2014 [citace 2014-01-22] Emisivita vody. Dostupné z WWW: <<http://www.ices.ucsb.edu/modis/EMIS/html/em.html>>
- [9] Liquid Moisture Management. North Carolina State University. Textile protection and comfort center. [online]. 2014 [citace 2014-04-07] Měření vztlínivosti pomocí termografické techniky. Dostupné z WWW: <<https://www.tx.ncsu.edu/tpacc/comfort-performance/liquid-moisture-management/>>
- [10] ČSN EN ISO 4920: *Plošné textilie – stanovení odolnosti vůči povrchovému smáčení (zkrápěcí metoda)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [11] ČSN EN 20811: *Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody*. Praha: Vydavatelství norem, 1994
- [12] ČSN ISO 18434-1: *Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie – Část 1: Všeobecné postupy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009
- [13] ŠTEFL, Jan. *Kinetika šíření vlhkosti v textiliích*. Diplomová práce. Liberec: TUL, 2013

- [14] Laboratory Imaging, spol. s.r.o. [online]. 2014 [citace 2014-05-14] Obrazová analýza. Dostupné z WWW: <<http://www.lim.cz/>>
- [15] DOSTÁLOVÁ, Zuzana. *Určení emisivity textilních materiálů pomocí infračervené termografie*. Diplomová práce. Liberec: TUL, 2013
- [16] MILITKÝ, Jiří. *Technické textilie – vybrané kapitoly*. Skripta. Liberec: TUL 2007
- [17] VÚB a.s. [online]. 2014 [citace 2014-05-14] Nehořlavé spodní prádlo – vlastnosti vláken. Dostupné z WWW: <<http://www.vubas.cz/specialni-textilie>>



## 5 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Základní měřicí řetězec termografického měření – okolí měřeného tělesa (1), vlastní měřené těleso (2), atmosféra mezi měřeným tělesem a měřícím systémem (2), měřicí systém (4) [1] .....	20
Obrázek 2: Emisivita destilované vody v závislosti na vlnové délce [8] .....	22
Obrázek 3: Termogram z měření sací výšky na univerzitě NCSU [9] .....	23
Obrázek 4: Měřicí přístroj na měření vztlakovosti – nosný rám (1), rámeček se vzorky (2), nádoba s vodou (3), pneumaticky vysouvatelná plošina (4) .....	26
Obrázek 5: Rámeček se vzorky – nosné osičky (1), plastové hroty na upevnění vzorků (2), tělo rámečku (3), kalibrační plocha (4) .....	27
Obrázek 6: Pracovní stanoviště .....	30
Obrázek 7: Náhled do měřicí místnosti před započítím měření .....	31
Obrázek 8: Zanalyzovaný termogram – změřená sací výška (1), navztlínaná kapalina (2), kalibrační plocha (3) .....	32
Obrázek 9: Zátěžná, interloková pletenina Alfa_19_1 - detail struktury .....	54
Obrázek 10: Jednolící pletenina Alfa_19_2 - detail struktury .....	54
Obrázek 11: Jednolící, piké, pletenina Alfa_19_3 - detail struktury .....	55
Obrázek 12: Pletenina plyš vnější 1 Artur - detail struktury .....	55
Obrázek 13: Zátěžná, oboulící, hladká pletenina 2 Prokop - detail struktury .....	56
Obrázek 14: Zátěžná, interloková, hladká pletenina 3a Kvido - detail struktury .....	56
Obrázek 15: Zátěžná, jednolící, hladká pletenina Beta_2 - detail struktury .....	57
Obrázek 16: Zátěžná, jednolící, hladká pletenina Beta_3 - detail struktury .....	57
Obrázek 17: Zátěžná, oboulící, vzorovaná pletenina Beta_4 - detail struktury .....	58
Obrázek 18: Zátěžná, oboulící, vzorovaná pletenina Beta_5 - detail struktury .....	58
Obrázek 19: Testované materiály: Alfa_19_1, Alfa_19_3, Alfa_19_2, 2 Prokop, 3a Kvido - vzorky orientovány ve směru sloupků .....	59
Obrázek 20: Testované materiály: Alfa_19_1, Alfa_19_3, Alfa_19_2, 2 Prokop, 3a Kvido - vzorky orientovány ve směru řádků .....	59
Obrázek 21: Testované materiály: 1 Artur, Beta_2, Beta_3, Beta_4, Beta_5 – vzorky orientovány ve směru sloupků .....	60
Obrázek 22: Testované materiály: 1 Artur, Beta_2, Beta_3, Beta_4, Beta_5 – vzorky orientovány ve směru řádků .....	60

## 6 Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučená emisivita pro vybrané druhy textilních materiálů [15] .....	22
Tabulka 2: Skupina 1 - charakteristika materiálů .....	24
Tabulka 3: Skupina 2 - charakteristika materiálů .....	25
Tabulka 4: Skupina 3 - charakteristika materiálů .....	25
Tabulka 5: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 1 .....	32
Tabulka 6: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 2 .....	33
Tabulka 7: Průměrná sací výška, dosažená u skupiny vzorků 3 .....	34
Tabulka 8: Měření skupiny vzorků 1 – statisticky zpracovaná data .....	61
Tabulka 9: Měření skupiny vzorků 2 - statisticky zpracovaná data .....	61
Tabulka 10: Měření skupiny vzorků 3 - statisticky zpracovaná data .....	62
Tabulka 11: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_1 ....	63
Tabulka 12: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_3 ....	64
Tabulka 13: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_2 ....	65
Tabulka 14: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 2 Prokop .....	66
Tabulka 15: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 3a Kvido .....	67
Tabulka 16: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 1 Artur .....	68
Tabulka 17: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta_2 .....	69
Tabulka 18: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta_3 .....	70
Tabulka 19: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta_4 .....	71
Tabulka 20: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta_5 .....	72
Tabulka 21: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 1. 4. 2014 .....	73
Tabulka 22: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 1. 4. 2014 .....	73
Tabulka 23: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 4. 4. 2014 .....	73
Tabulka 24: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 4. 4. 2014 .....	73
Tabulka 25: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během třetího měření dne 4. 4. 2014 .....	74
Tabulka 26: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během čtvrtého měření dne 4. 4. 2014 .....	74
Tabulka 27: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 9. 4. 2014 .....	74
Tabulka 28: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 9. 4. 2014 .....	74
Tabulka 29: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během třetího měření dne 9. 4. 2014 .....	75
Tabulka 30: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během čtvrtého měření dne 9. 4. 2014 .....	75
Tabulka 31: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během pátého měření dne 9. 4. 2014 .....	75
Tabulka 32: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během šestého měření dne 9. 4. 2014 .....	75

## 7 Seznam grafů

Graf 1: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - skupina vzorků 1 .....	33
Graf 2: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - skupina vzorků 2 .....	33
Graf 3: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut – skupina vzorků 3.....	34
Graf 4: Nárůst sací výšky po uplynutí stanovené doby 10 minut - porovnání jednotlivých vzorků mezi sebou.....	35
Graf 5: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_1.....	37
Graf 6: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_3.....	38
Graf 7: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 1, vzorek Alfa_19_2.....	38
Graf 8: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 2 Prokop .....	39
Graf 9: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 3a Kvido .....	39
Graf 10: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 2, vzorek 1 Artur .....	40
Graf 11: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta_2 .....	40
Graf 12: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta_3 .....	41
Graf 13: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta_4 .....	41
Graf 14: Nárůst sací výšky v závislosti na čase – skupina vzorků 3, vzorek Beta_5 .....	42

## 8 Seznam příloh

Příloha č. 1: Parametry termovizní kamery FLIR X6540sc .....	53
Příloha č. 2: Obrázky testovaných materiálů .....	54
Příloha č. 3: Nasnímané termogramy z průběhu experimentu .....	59
Příloha č. 4: Tabulky se statisticky zpracovanými daty z měření sací výšky .....	61
Příloha č. 5: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - naměřená data.....	63
Příloha č. 6: Stanovení součinitele emisivity - naměřené hodnoty .....	73

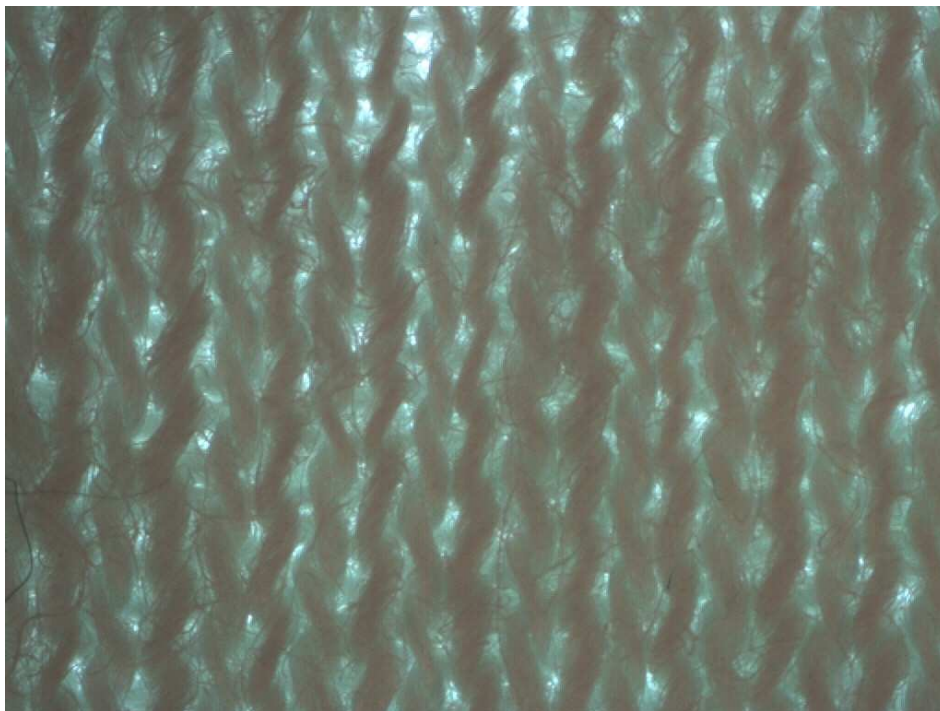
## 9 Příloha

### Příloha č. 1: Parametry termovizní kamery FLIR X6540sc

#### FLIR X6540sc - parametry

- detektor chlazený Stirlingovým chladičem
- rozlišení detektoru 640x512 pixelů
- spektrální rozsah detektoru 1,5 – 5,1  $\mu\text{m}$
- teplotní citlivost 0,025°C
- záznamová frekvence při plném rozlišení 125Hz
- funkce Windowing až 4,2kHz
- nastavení integračního času od 160 ns
- SD karta
- rozhraní GigE, USB, CamLink, Extension
- analogové vstupy/výstupy pro synchronizaci
- triggerovací vstup/výstup
- uchycení na stativ UNC 1/4“-20
- objektiv 50mm F/2 (11°x8.8°) – USL motorické zaostřování, integrován teplotní senzor, v.č. 207750 + pouzdro objektivu
- teplotní kalibrace – Mid Temp. HyperCal™ pro InSb (5-300°C), (4lt), přesnost  $\pm 1^\circ\text{C}$  nebo  $\pm 1\%$

## Příloha č. 2: Obrázky testovaných materiálů

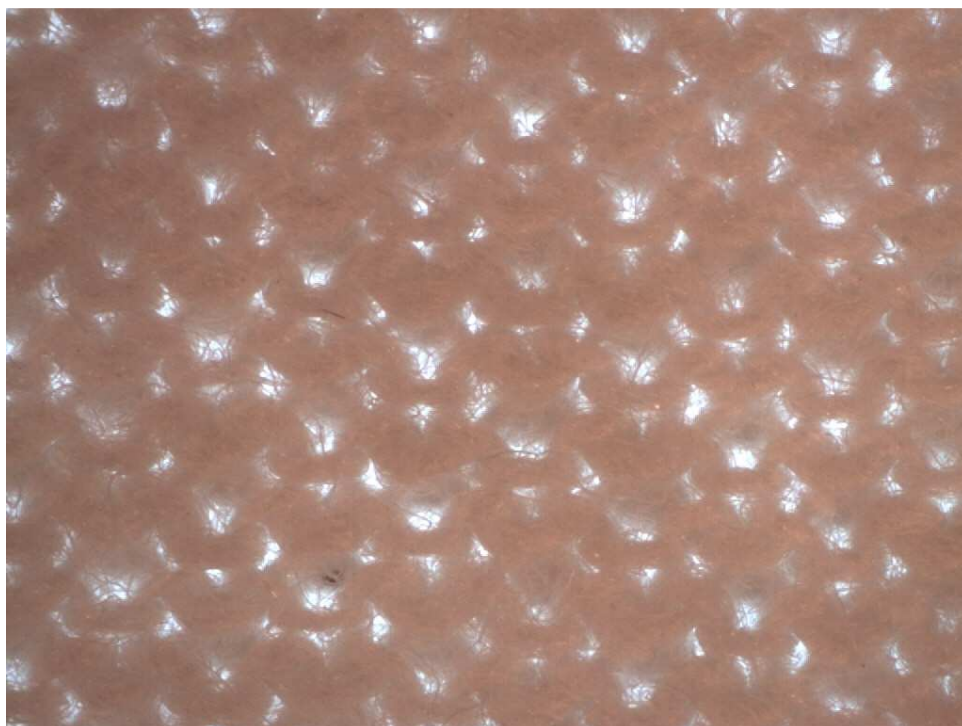


Obrázek 9: Zátazná, interloková pletenina Alfa\_19\_1 - detail struktury



Obrázek 10: Jednolící pletenina Alfa\_19\_2 - detail struktury





Obrázek 11: Jednolícní, piké, pletenina Alfa\_19\_3 - detail struktury



Obrázek 12: Pletenina plyš vnější 1 Artur - detail struktury

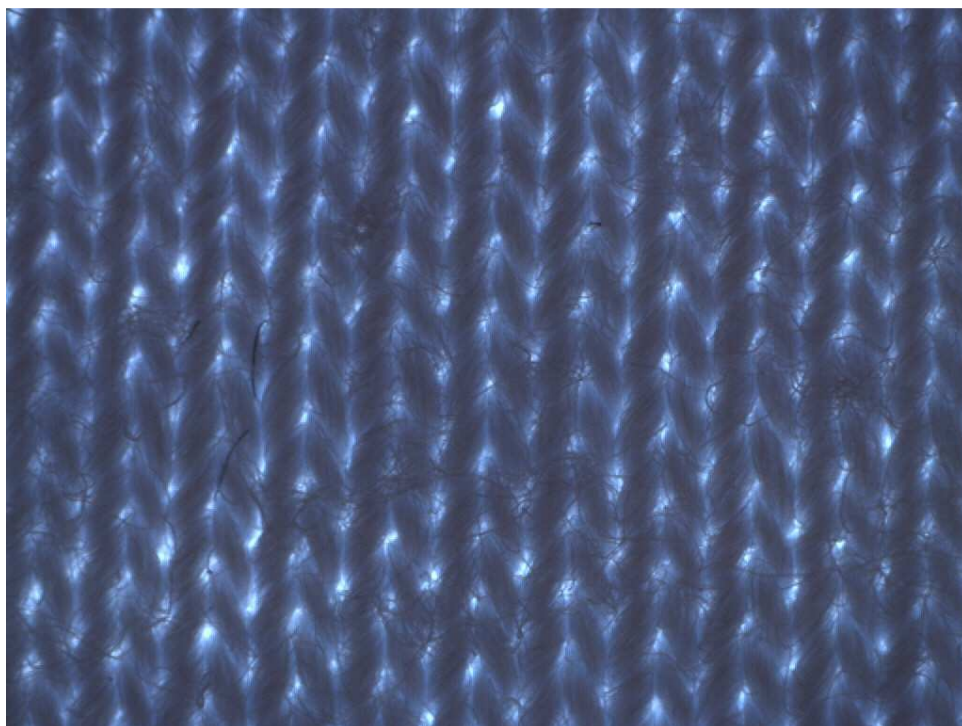


Obrázek 13: Zátěžná, obouliční, hladká pletenina 2 Prokop - detail struktury

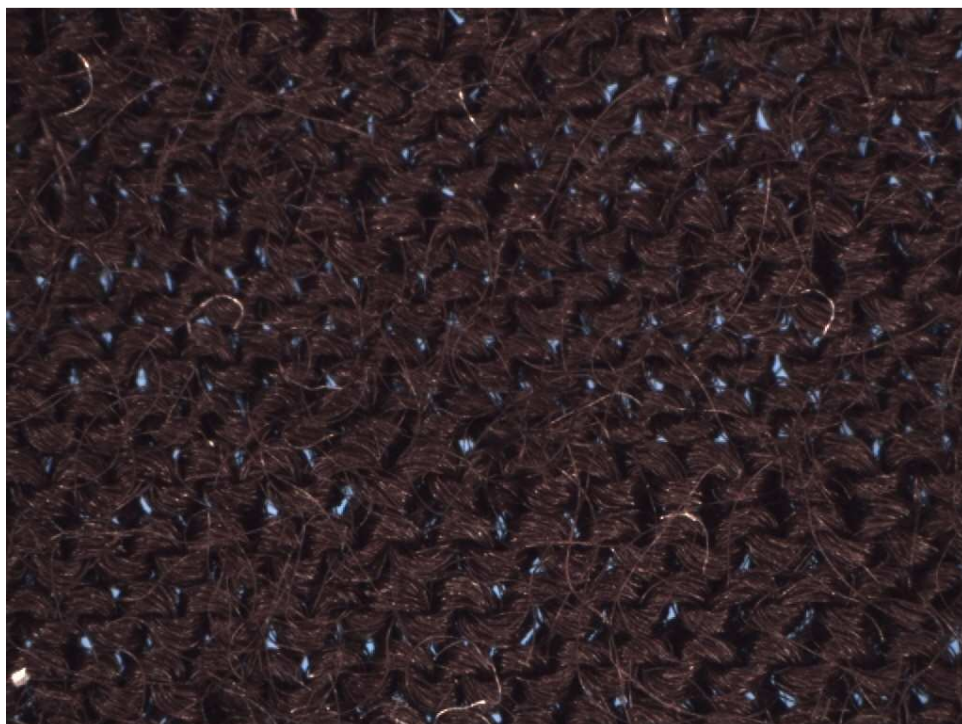


Obrázek 14: Zátěžná, interloková, hladká pletenina 3a Kvido - detail struktury

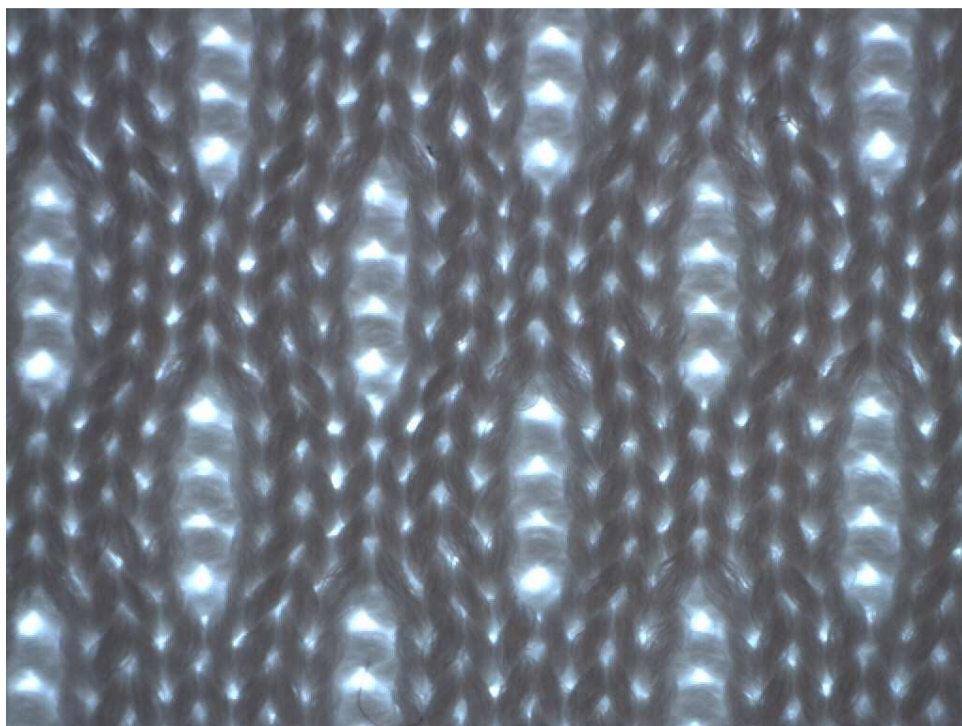




Obrázek 15: Zátazná, jednolící, hladká pletenina Beta\_2 - detail struktury



Obrázek 16: Zátazná, jednolící, hladká pletenina Beta\_3 - detail struktury



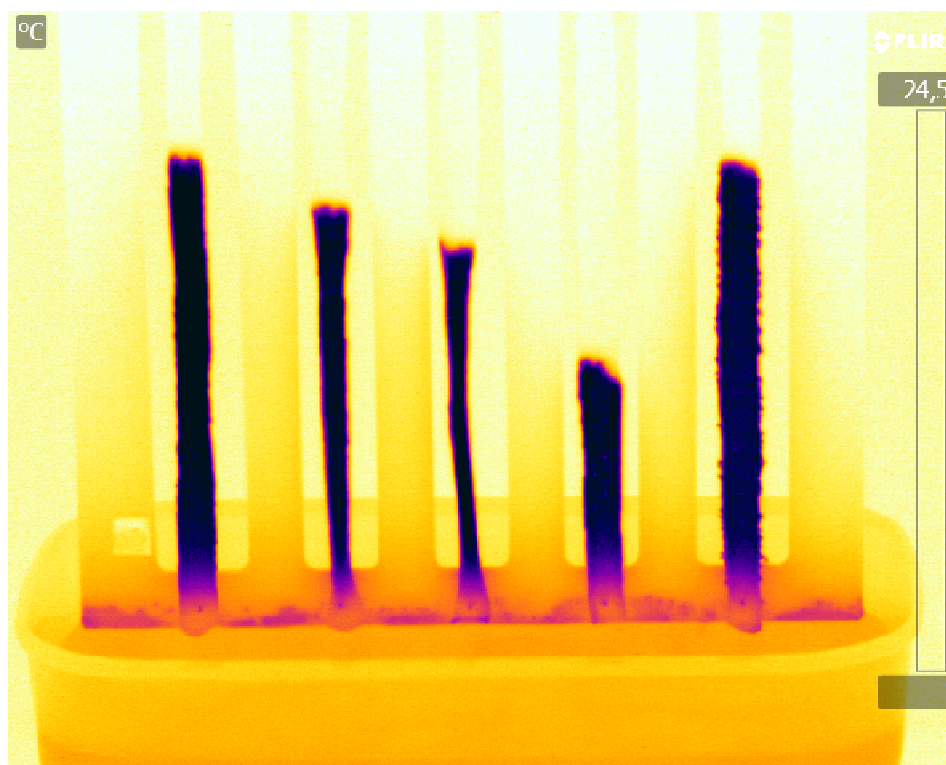
Obrázek 17: Zátážná, obouliční, vzorovaná pletenina Beta\_4 - detail struktury



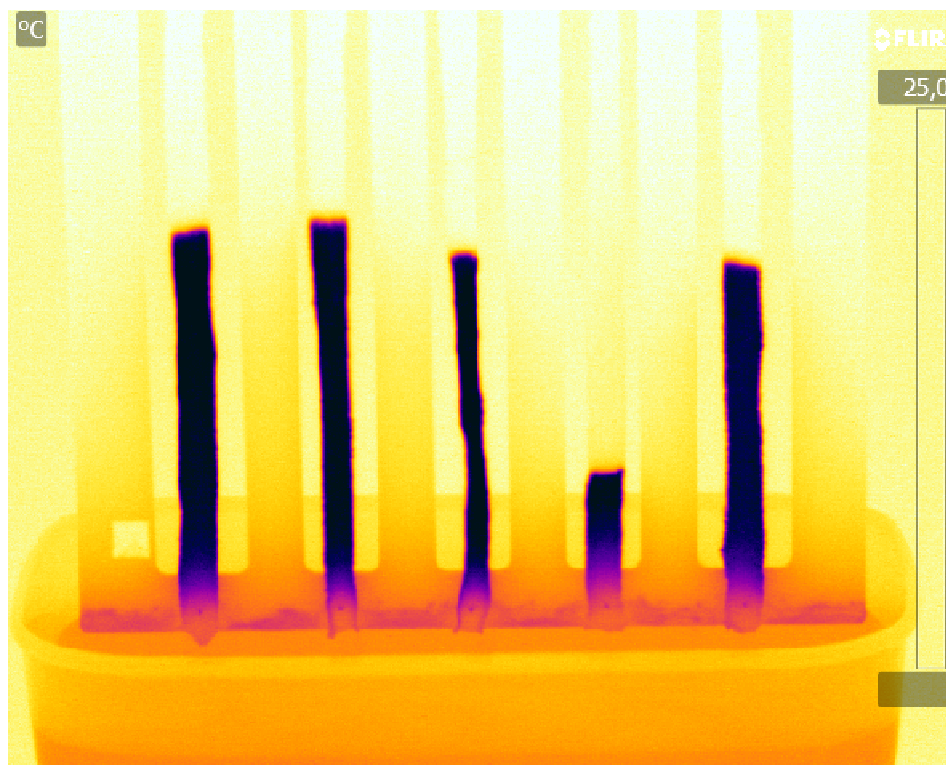
Obrázek 18: Zátážná, obouliční, vzorovaná pletenina Beta\_5 - detail struktury



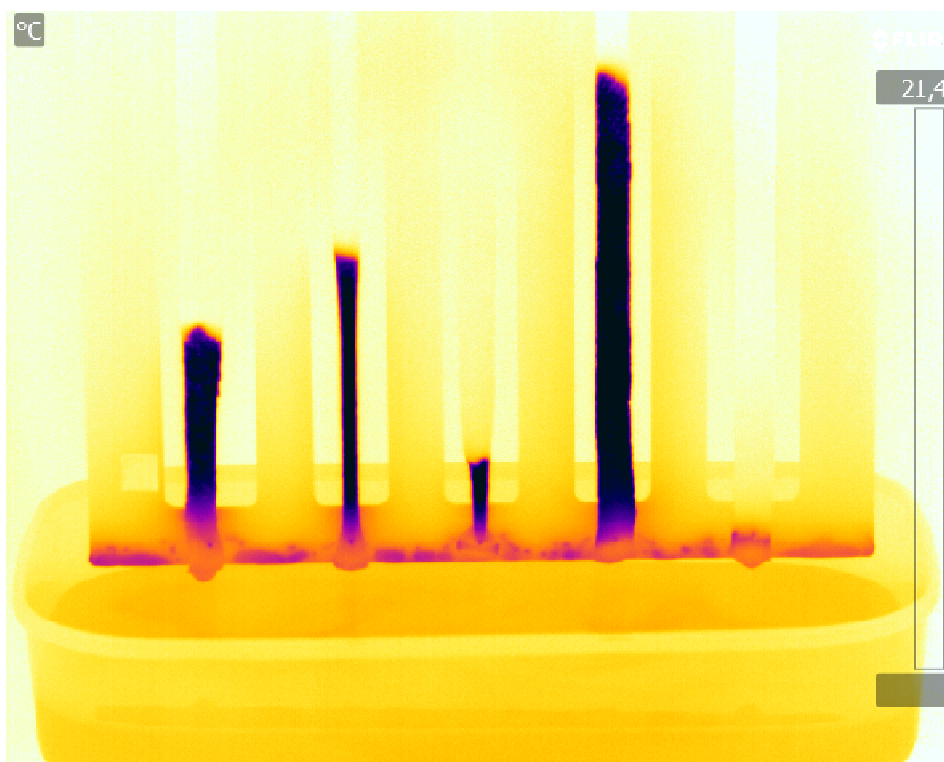
### Příloha č. 3: Nasnímané termogramy z průběhu experimentu



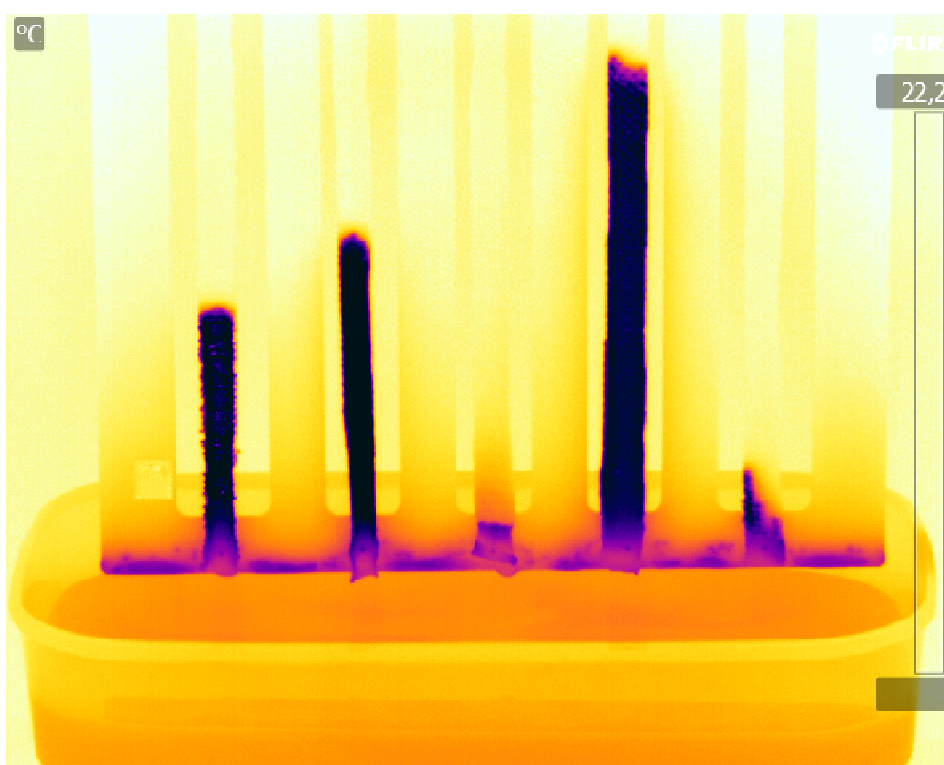
Obrázek 19: Testované materiály: Alfa\_19\_1, Alfa\_19\_3, Alfa\_19\_2, 2 Prokop, 3a Kvido - vzorky orientovány ve směru sloupků



Obrázek 20: Testované materiály: Alfa\_19\_1, Alfa\_19\_3, Alfa\_19\_2, 2 Prokop, 3a Kvido - vzorky orientovány ve směru řádků



Obrázek 21: Testované materiály: 1 Artur, Beta\_2, Beta\_3, Beta\_4, Beta\_5 – vzorky orientovány ve směru sloupků



Obrázek 22: Testované materiály: 1 Artur, Beta\_2, Beta\_3, Beta\_4, Beta\_5 – vzorky orientovány ve směru řádků

#### Příloha č. 4: Tabulky se statisticky zpracovanými daty z měření sací výšky

Tabulka 8: Měření skupiny vzorků 1 – statisticky zpracovaná data

označení	Struktura/Pletenina	materiálové složení				orientace vzorků	
Alfa_19_1	Zátažná, interloková	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure				po sloupku	po řádku
Alfa_19_3	Jednolící, Piké	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure				po sloupku	po řádku
Alfa_19_2	Jednolící	50% bavlna / 30% smartcel senzitive / 20% SeaCell pure				po sloupku	po řádku
délka [mm]			průměr	min	max	medián	rozptyl
129,7	126,5	135,9	130,700	126,5	135,9	129,7	15,227
105,4	103,7	105,5	104,867	103,7	105,5	105,4	0,682
111,1	111,8	121	114,633	111,1	121	111,8	20,349
108,6	105,3	110,9	108,267	105,3	110,9	108,6	5,282
105,3	99,8	114,1	106,400	99,8	114,1	105,3	34,687
97,4	96,1	96,6	96,700	96,1	97,4	96,6	0,287
směrodatná odchylka		variační koeficient [%]		95% interval spolehlivosti			
3,9021		2,9856		126,2843 135,1157			
0,8260		0,7876		103,932 105,8013			
4,5110		3,9351		109,5287 119,738			
2,2983		2,1228		105,6659 110,8674			
5,8895		5,5353		99,73536 113,0646			
0,5354		0,5537		96,09412 97,30588			

Tabulka 9: Měření skupiny vzorků 2 - statisticky zpracovaná data

označení	Struktura/Pletenina	materiálové složení				orientace vzorků	
2 Prokop	Zátažná, oboulící, hladká	60% modakryl FR / 40% CO				po sloupku	po řádku
3a Kvido	Zátažná, interloková, hladká	50% kermel / 50% VI FR				po sloupku	po řádku
1 Artur	Plyš vnější	líc - 80% VI / 20 % CO, rub - 50% polyoxadiazol / 50% VI FR				po sloupku	po řádku
délka [mm]			průměr	min	max	medián	rozptyl
76	68,8	89,8	78,200	68,8	89,8	76	75,920
50,5	37,2	42,1	43,267	37,2	50,5	42,1	30,162
118,9	123,5	137,6	126,667	118,9	137,6	123,5	63,296
91,9	92,9	92,6	92,467	91,9	92,9	92,6	0,176
58,2	55,3	65,3	59,600	55,3	65,3	58,2	17,647
68,7	67,2	67,3	67,733	67,2	68,7	67,3	0,469

směrodatná odchylka	variační koeficient [%]	95% interval spolehlivosti	
8,7132	11,1422	68,34008	88,05992
5,4920	12,6934	37,05187	49,48147
7,9559	6,2809	117,6638	135,6696
0,4190	0,4531	91,99253	92,9408
4,2008	7,0483	54,84635	64,35365
0,6848	1,0110	66,95846	68,50821

Tabulka 10: Měření skupiny vzorků 3 - statisticky zpracovaná data

označení	Struktura/Pletenina			materiálové složení			orientace vzorků	
Beta_2	Zátažná, jednolící, hladká			100% bavlna			po sloupku	po řádku
Beta_3	Zátažná, jednolící, hladká			100% merino			po sloupku	po řádku
Beta_4	Zátažná, oboulící, vzorovaná			100% polyester colmax fresh			po sloupku	po řádku
Beta_5	Zátažná, oboulící, vzorovaná			100% polypropylen			po sloupku	po řádku
délka [mm]				průměr	min	max	medián	rozptyl
77,1	78,5	89,6		81,733	77,1	89,6	78,5	31,269
79,5	80	86,9		82,133	79,5	86,9	80	11,402
22,3	27,3	29,2		26,267	22,3	29,2	27,3	8,469
4,5	4,5	6,7		5,233	4,5	6,7	4,5	1,076
124,9	118,2	133,2		125,433	118,2	133,2	124,9	37,642
127	129,4	135,2		130,533	127	135,2	129,4	11,849
0,5	0,3	0,6		0,467	0,3	0,6	0,5	0,0156
3,7	1,1	20,7		8,500	1,1	20,7	3,7	75,547
směrodatná odchylka			variační koeficient [%]			95% interval spolehlivosti		
5,5919			6,8416			75,40555 88,06112		
3,3767			4,1113			78,31222 85,95445		
2,9101			11,0792			22,97354 29,5598		
1,0371			19,8170			4,059756 6,406911		
6,1353			4,8913			118,4906 132,3761		
3,4422			2,6370			126,6381 134,4286		
0,1247			26,7261			0,325531 0,607803		
8,6918			102,2560			-1,33565 18,33565		

**Příloha č. 5: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - naměřená data**

Tabulka 11: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_1

Zátěžná, interloková pletenina Alfa_19_1			
čas [s]	po sloupku		po řádku
30 sekund		42,08	36,96
		37,08	37,5
		33,85	32,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>37,67</b>	<b>35,59</b>
60 sekund		62,73	52,17
		53,33	51,25
		48,08	46,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>54,71</b>	<b>49,99</b>
90 sekund		67,08	60
		64,58	59,17
		57,69	53,85
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>63,12</b>	<b>57,67</b>
120 sekund		78,26	66,52
		72,5	65,42
		66,54	60,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>72,43</b>	<b>64,11</b>
150 sekund		83,04	70,43
		77,5	72,08
		71,92	64,23
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>77,49</b>	<b>68,91</b>
180 sekund		90	73,48
		82,92	76,67
		77,69	68,08
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>83,54</b>	<b>72,74</b>
210 sekund		94,78	76,96
		87,5	79,58
		81,92	71,92
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>88,07</b>	<b>76,15</b>
240 sekund		99,13	81,3
		90	82,5
		85,38	75,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>91,50</b>	<b>79,73</b>
270 sekund		103,48	83,48
		95,42	85,42
		88,46	77,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>95,79</b>	<b>82,07</b>
300 sekund		106,96	85,65
		99,58	88,33
		92,69	79,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>		<b>99,74</b>	<b>84,53</b>

Tabulka 12: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_3

Jednolící, Piké pletenina Alfa_19_3		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	30	25,65
	28,33	27,08
	26,92	25,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>28,42</b>	<b>26,04</b>
60 sekund	47,73	43,04
	43,75	43,33
	41,54	41,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>44,34</b>	<b>42,64</b>
90 sekund	55	52,17
	54,58	52,5
	49,62	50,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>53,07</b>	<b>51,68</b>
120 sekund	63,04	60,43
	60,42	60,42
	55,38	56,15
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>59,61</b>	<b>59</b>
150 sekund	68,7	66,09
	65,42	64,58
	61,54	61,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>65,22</b>	<b>64,07</b>
180 sekund	73,91	69,57
	70,42	71,67
	65,77	66,15
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>70,03</b>	<b>69,13</b>
210 sekund	78,26	73,91
	74,17	74,58
	70,77	70,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>74,4</b>	<b>72,96</b>
240 sekund	80,43	78,7
	79,58	77,92
	73,85	72,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>77,95</b>	<b>76,31</b>
270 sekund	85,22	81,74
	83,75	82,5
	76,15	76,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>81,71</b>	<b>80,26</b>
300 sekund	88,7	84,35
	86,25	85,83
	80,77	79,23
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>85,24</b>	<b>83,14</b>



Tabulka 13: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 1, vzorek Alfa\_19\_2

Jednolící pletenina Alfa_19_2		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	15,83	18,26
	14,58	19,17
	18,46	15,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>16,29</b>	<b>17,60</b>
60 sekund	34,09	34,35
	28,33	33,75
	31,92	30,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>31,45</b>	<b>32,83</b>
90 sekund	42,08	43,91
	40,42	42,5
	40,77	38,46
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>41,09</b>	<b>41,62</b>
120 sekund	53,04	50,87
	47,08	49,17
	47,69	45
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>49,27</b>	<b>48,35</b>
150 sekund	60	56,52
	51,67	56,67
	52,69	50
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>54,79</b>	<b>54,40</b>
180 sekund	64,35	60,43
	56,25	62,5
	58,08	55
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>59,56</b>	<b>59,31</b>
210 sekund	70,43	64,78
	62,08	65,83
	63,08	58,08
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>65,20</b>	<b>62,90</b>
240 sekund	74,35	70
	66,25	70,42
	66,15	60
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>68,92</b>	<b>66,81</b>
270 sekund	78,26	73,04
	70,42	72,92
	68,85	64,23
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>72,51</b>	<b>70,06</b>
300 sekund	81,3	75,65
	73,33	77,92
	73,85	68,08
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>76,16</b>	<b>73,88</b>

Tabulka 14: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 2 Prokop

Zátěžná, obouliční, hladká pletenina 2 Prokop		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	4,58	2,61
	3,33	1,67
	4,62	1,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>4,18</b>	<b>1,94</b>
60 sekund	10	5,65
	9,58	4,58
	7,69	4,23
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>9,09</b>	<b>4,82</b>
90 sekund	16,25	8,26
	11,25	7,5
	15,77	7,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>14,42</b>	<b>7,69</b>
120 sekund	26,09	14,78
	16,25	9,17
	21,15	9,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>21,16</b>	<b>11,19</b>
150 sekund	29,13	17,39
	19,58	12,08
	27,69	10,77
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>25,47</b>	<b>13,41</b>
180 sekund	36,09	21,3
	24,17	14,58
	35	14,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>31,75</b>	<b>16,83</b>
210 sekund	40,43	23,48
	28,75	15,83
	40,38	16,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>36,52</b>	<b>18,62</b>
240 sekund	45,22	26,09
	32,92	19,17
	44,23	18,46
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>40,79</b>	<b>21,24</b>
270 sekund	49,57	28,26
	36,25	20,83
	48,85	19,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>44,89</b>	<b>22,90</b>
300 sekund	50,87	31,74
	39,58	22,5
	53,08	21,15
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>47,84</b>	<b>25,13</b>

Tabulka 15: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 3a Kvido

Zátěžná, interloková, hladká pletenina 3a Kvido		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	40,42	37,39
	37,92	35
	37,69	30,77
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>38,68</b>	<b>34,39</b>
60 sekund	59,09	48,7
	53,75	47,08
	53,46	42,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>55,43</b>	<b>46,03</b>
90 sekund	63,33	52,61
	62,92	53,75
	61,92	47,31
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>62,72</b>	<b>51,22</b>
120 sekund	72,61	58,26
	71,67	59,17
	67,31	51,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>70,53</b>	<b>56,32</b>
150 sekund	78,26	60,43
	75,42	66,25
	71,92	55,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>75,2</b>	<b>60,69</b>
180 sekund	83,91	66,96
	80	68,33
	77,69	58,85
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>80,53</b>	<b>64,71</b>
210 sekund	86,96	68,26
	85,42	70,42
	82,31	61,54
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>84,90</b>	<b>66,74</b>
240 sekund	89,57	72,17
	90	73,33
	85,38	63,46
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>88,32</b>	<b>69,65</b>
270 sekund	93,48	74,78
	92,92	75,42
	89,23	64,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>91,88</b>	<b>71,61</b>
300 sekund	96,09	76,09
	96,67	78,33
	93,08	68,08
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>95,28</b>	<b>74,17</b>

Tabulka 16: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 2, vzorek 1 Artur

Pletenina plyš vnější 1 Artur		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	3,33	11,74
	3,33	10
	7,83	8,1
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>4,83</b>	<b>9,95</b>
60 sekund	7,14	19,57
	7,5	15,65
	13,91	14,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>9,52</b>	<b>16,50</b>
90 sekund	9,05	25,65
	10	21,74
	19,13	20,48
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>12,73</b>	<b>22,62</b>
120 sekund	13,33	32,17
	13,75	27,83
	21,3	27,14
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>16,13</b>	<b>29,05</b>
150 sekund	15,71	37,39
	16,25	31,74
	25,22	30,48
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>19,06</b>	<b>33,20</b>
180 sekund	18,57	42,17
	20,42	35,22
	29,13	35,71
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>22,71</b>	<b>37,7</b>
210 sekund	21,9	45,22
	22,5	40
	34,35	40,48
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>26,25</b>	<b>41,9</b>
240 sekund	24,76	47,39
	26,25	43,48
	36,96	42,86
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>29,32</b>	<b>44,58</b>
270 sekund	27,62	51,74
	28,75	45,65
	40,43	45,71
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>32,27</b>	<b>47,7</b>
300 sekund	30,95	53,04
	32,08	49,13
	43,48	48,1
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>35,50</b>	<b>50,09</b>

Tabulka 17: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta\_2

Zátěžná, jednolící, hladká pletenina Beta 2		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	3,81	16,52
	7,92	10
	13,48	12,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>8,40</b>	<b>12,97</b>
60 sekund	9,52	28,26
	17,5	17,39
	26,52	22,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>17,85</b>	<b>22,68</b>
90 sekund	17,14	36,52
	26,25	28,7
	37,39	30,48
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>26,93</b>	<b>31,9</b>
120 sekund	25,24	42,17
	34,17	35,65
	45,22	37,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>34,88</b>	<b>38,48</b>
150 sekund	32,38	46,09
	41,25	40,43
	49,57	41,9
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>41,07</b>	<b>42,81</b>
180 sekund	36,19	50,43
	45,83	46,09
	55,65	46,67
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>45,89</b>	<b>47,73</b>
210 sekund	43,33	52,61
	48,75	50
	58,7	51,43
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>50,26</b>	<b>51,35</b>
240 sekund	47,62	56,52
	52,08	53,91
	64,35	54,76
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>54,68</b>	<b>55,06</b>
270 sekund	51,43	58,7
	56,25	57,39
	68,26	58,1
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>58,65</b>	<b>58,06</b>
300 sekund	54,29	61,74
	58,33	60
	72,17	60,48
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>61,60</b>	<b>60,74</b>

Tabulka 18: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta\_3

Zátěžná, jednolící, hladká pletenina Beta_3		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	3,81	3,91
	2,5	4,35
	4,35	3,33
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>3,55</b>	<b>3,86</b>
60 sekund	3,81	4,35
	4,58	4,78
	3,91	4,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>4,1</b>	<b>4,47</b>
90 sekund	3,81	4,78
	4,17	4,78
	7,83	3,81
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>5,27</b>	<b>4,46</b>
120 sekund	3,81	5,22
	4,17	4,78
	8,7	3,81
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>5,56</b>	<b>4,60</b>
150 sekund	4,76	4,35
	3,75	5,22
	10,87	4,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>6,46</b>	<b>4,62</b>
180 sekund	3,33	4,78
	5	4,78
	12,17	4,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>6,83</b>	<b>4,62</b>
210 sekund	3,33	5,22
	6,67	4,78
	13,91	4,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>7,97</b>	<b>4,76</b>
240 sekund	3,58	4,78
	10,42	4,35
	15,65	6,67
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>9,88</b>	<b>5,27</b>
270 sekund	3,88	4,78
	10,42	3,91
	16,09	6,67
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>10,13</b>	<b>5,12</b>
300 sekund	4,89	3,48
	11,67	5,22
	18,7	7,14
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>11,75</b>	<b>5,28</b>

Tabulka 19: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta\_4

Zátěžná, obouliční, vzorovaná pletenina Beta 4		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	38,1	31,3
	32,5	30,87
	40	37,62
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>36,87</b>	<b>33,26</b>
60 sekund	53,81	48,26
	50	48,26
	57,39	52,86
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>53,73</b>	<b>49,79</b>
90 sekund	65,24	60
	59,58	60,43
	66,09	64,76
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>63,64</b>	<b>61,73</b>
120 sekund	72,38	69,57
	67,08	69,13
	74,35	71,43
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>71,27</b>	<b>70,04</b>
150 sekund	80	76,52
	74,17	76,09
	82,17	78,57
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>78,78</b>	<b>77,06</b>
180 sekund	84,76	82,17
	81,67	82,61
	89,13	84,29
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>85,19</b>	<b>83,02</b>
210 sekund	89,52	86,96
	86,25	88,26
	93,48	90,95
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>89,75</b>	<b>88,72</b>
240 sekund	93,81	92,61
	90,83	94,78
	99,57	94,76
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>94,74</b>	<b>94,05</b>
270 sekund	99,05	97,39
	92,92	97,83
	104,78	99,05
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>98,92</b>	<b>98,09</b>
300 sekund	103,81	101,74
	96,25	102,61
	109,13	103,33
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>103,06</b>	<b>102,56</b>

Tabulka 20: Nárůst sací výšky v závislosti na čase - skupina vzorků 3, vzorek Beta\_5

Zátěžná, oboulící, vzorovaná pletenina Beta 5		
čas [s]	po sloupku	po řádku
30 sekund	0,21	1,15
	0,15	0,4
	0,16	1,9
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,17</b>	<b>1,15</b>
60 sekund	0,24	2,31
	0,19	0,55
	0,19	1,9
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,21</b>	<b>1,59</b>
90 sekund	0,28	2,46
	0,2	0,55
	0,22	2,4
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,23</b>	<b>1,80</b>
120 sekund	0,31	2,5
	0,22	0,67
	0,25	4,3
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,26</b>	<b>2,49</b>
150 sekund	0,34	2,58
	0,24	0,93
	0,29	8,1
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,29</b>	<b>3,87</b>
180 sekund	0,37	2,61
	0,25	0,93
	0,35	9,71
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,32</b>	<b>4,42</b>
210 sekund	0,39	2,71
	0,27	0,95
	0,39	10,95
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,35</b>	<b>4,87</b>
240 sekund	0,42	3,22
	0,28	1
	0,46	13,38
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,39</b>	<b>5,87</b>
270 sekund	0,47	3,43
	0,28	1,1
	0,48	15,86
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,41</b>	<b>6,80</b>
300 sekund	0,5	3,7
	0,28	1,1
	0,5	20,7
<b>průměrná sací výška [mm]</b>	<b>0,43</b>	<b>8,50</b>



## Příloha č. 6: Stanovení součinitele emisivity - naměřené hodnoty

Tabulka 21: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 1. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,990$	atmosférická teplota:	24°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,950$	vlhkost vzduchu:	31,1 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,960$	zdánlivá odražená teplota:	24,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,920$	datum měření:	1. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,930$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 22: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 1. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,970$	atmosférická teplota:	24°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,960$	vlhkost vzduchu:	31,1 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,970$	zdánlivá odražená teplota:	24,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,900$	datum měření:	1. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,950$	vzorky orientovány ve směru řádků	

Tabulka 23: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 4. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,990$	atmosférická teplota:	24,6°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,960$	vlhkost vzduchu:	33,4 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,980$	zdánlivá odražená teplota:	25,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,970$	datum měření:	4. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,990$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 24: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 4. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,980$	atmosférická teplota:	24,6°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,980$	vlhkost vzduchu:	33,4 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,960$	zdánlivá odražená teplota:	25,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,970$	datum měření:	4. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,970$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 25: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během třetího měření dne 4. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,970$	atmosférická teplota:	25,2°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,990$	vlhkost vzduchu:	33,7 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,970$	zdánlivá odražená teplota:	25,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,950$	datum měření:	4. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,980$	vzorky orientovány ve směru řádků	

Tabulka 26: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během čtvrtého měření dne 4. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
Alfa_19_1	$\varepsilon = 0,980$	atmosférická teplota:	25,2°C
Alfa_19_3	$\varepsilon = 0,990$	vlhkost vzduchu:	33,7 %H
Alfa_19_2	$\varepsilon = 0,980$	zdánlivá odražená teplota:	25,3°C
2 Prokop	$\varepsilon = 0,950$	datum měření:	4. 4. 2014
3a Kvido	$\varepsilon = 0,980$	vzorky orientovány ve směru řádků	

Tabulka 27: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během prvního měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,920$	atmosférická teplota:	22,64°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,860$	vlhkost vzduchu:	32,6 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,920$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,800$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,810$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 28: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během druhého měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,930$	atmosférická teplota:	23,64°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,880$	vlhkost vzduchu:	30,7 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,950$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,820$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,820$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 29: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během třetího měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,950$	atmosférická teplota:	23,63°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,890$	vlhkost vzduchu:	31,0 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,950$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,820$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,810$	vzorky orientovány ve směru sloupků	

Tabulka 30: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během čtvrtého měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,940$	atmosférická teplota:	23,63°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,880$	vlhkost vzduchu:	30,6 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,950$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,820$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,820$	vzorky orientovány ve směru řádků	

Tabulka 31: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během pátého měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,930$	atmosférická teplota:	23,16°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,870$	vlhkost vzduchu:	31,6 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,930$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,810$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,810$	vzorky orientovány ve směru řádků	

Tabulka 32: Naměřené hodnoty emisivity vzorků během šestého měření dne 9. 4. 2014

označení vzorků	emisivita vzorků	parametry	
1 Artur	$\varepsilon = 0,970$	atmosférická teplota:	23,87°C
Beta_2	$\varepsilon = 0,900$	vlhkost vzduchu:	30,8 %H
Beta_3	$\varepsilon = 0,970$	zdánlivá odražená teplota:	22,5°C
Beta_4	$\varepsilon = 0,850$	datum měření:	9. 4. 2014
Beta_5	$\varepsilon = 0,840$	vzorky orientovány ve směru řádků	